



SKRIPSI – ME141501

**ANALISA PENAMBAHAN STERN FLAP PADA KAPAL
HULL PLANING CHINE AXE BOW PENGARUHNYA
TERHADAP TAHANAN KAPAL**

Aktivano Maulana

NRP. 0421 13 40000 072

Dosen Pembimbing

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

Ir. H. Agoes Santoso, M. Sc, M. Phil

DEPARTEMEN TEKNIK SISTEM PERKAPALAN

FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”



UNDERGRADUATE THESIS – ME141501

***STERN FLAP EFFECT ANALYSIS FOR RESISTANCE
REDUCTION OF HULL PLANING CHINE AXE BOW***

Aktivano Maulana

NRP. 0421 13 40000 072

Supervisor

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

Ir. H. Agoes Santoso, M. Sc, M. Phil

DEPARTMENT OF MARINE ENGINEERING

FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENAMBAHAN STERN FLAP PADA KAPAL HULL PLANING CHINE AXE BOW PENGARUHNYA TERHADAP TAHANAN KAPAL

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada :

Bidang studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AKTIVANO MAULANA

NRP. 0421 13 40000 072

Disetujui oleh Pembimbing Skripsi:

Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.

NIP. 1969 1225 1997 02 1001

Ir. H. Agoes Santoso, M. Sc, M. Phil

NIP. 1968 0928 1991 02 1001

SURABAYA

Januari 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LEMBAR PENGESAHAN

ANALISA PENAMBAHAN STERN FLAP PADA KAPAL HULL PLANING CHINE AXE BOW PENGARUHNYA TERHADAP TAHANAN KAPAL

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar sarjana teknik pada :

Bidang studi *Marine Manufacturing and Design* (MMD)

Program Studi S-1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan

Fakultas Teknologi Kelautan

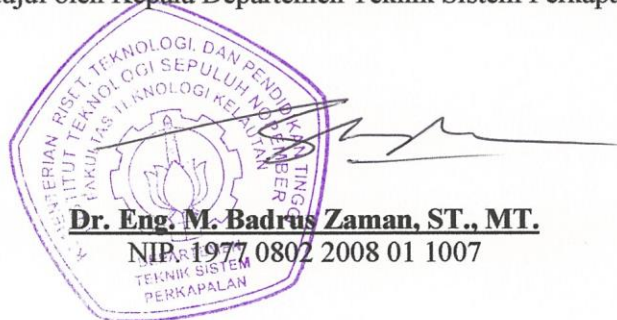
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

AKTIVANO MAULANA

NRP. 0421 13 40000 072

Disetujui oleh Kepala Departemen Teknik Sistem Perkapalan:



SURABAYA

Januari 2018

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

ANALISA PENAMBAHAN STERN FLAP PADA KAPAL HULL PLANING CHINE AXE BOW PENGARUHNYA TERHADAP TAHANAN KAPAL

Nama Mahasiswa : Aktivano Maulana
NRP : 04211340000072
Jurusan : Teknik Sistem Perkapalan
Dosen Pembimbing : 1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.
2. Ir. H. Agoes Santoso, M. Sc, M. Phil

ABSTRAK

Tahanan kapal merupakan salah satu faktor utama yang dapat mempengaruhi dalam perancangan suatu kapal. Pada dasarnya *ship hull* diusahakan dibuat seefisien mungkin, sehingga kebutuhan tenaga untuk menggerakkan kapal bisa didapat sekecil mungkin. Dengan didapatkannya kebutuhan tenaga yang kecil maka berpengaruh pada nilai ekonomis suatu kapal pada saat beroperasi. Usaha untuk mengurangi tahanan kapal tersebut dilakukan dengan perancangan yang tepat pada hidrodinamis dan propulsinya. Guna menekan nilai tahanan untuk tercapainya kapal yang efisien mungkin, salah satu usaha yang dilakukan ialah dengan menambahkan *stern flap*. Penulis melakukan studi ilmiah tentang pengaruh penambahan *stern flap* yang bertujuan untuk mengurangi nilai tahanan dari kapal menggunakan metode *Computer Fluid Dynamics* (CFD). Penelitian dilakukan dengan memodelkan kapal patroli dengan bentuk lambung *hull planing chine axe bow*. Selanjutnya menambahkan model *stern flap* dengan variasi ukuran berdasarkan Panjang kapal (L_{pp}), lebar transom (B_T) dan sudut. Variasi kecepatan juga dilakukan pada saat pengujian yaitu pada kecepatan 15 knot, 20 knot, 25 knot dan 30 knot. Dari hasil analisa masing-masing model variasi *stern flap*, didapatkan model stern flap dengan nilai tahanan terkecil yaitu pada *Stern Flap* model 3 yang memiliki dimensi ukuran panjang *Chord* 1.5% LPP (0.57 m), lebar *Span* 100% B_T (5.651 m) dan Sudut kemiringan 0° . Hasil analisa menunjukkan pengurangan nilai tahanan terbesar hingga 2.87% terjadi pada saat kecepatan 15 knot yaitu dari 47.211 kN (Model Kapal *Bare Hull*) menjadi 45.854 kN (*Stern Flap* Model 3)

Kata Kunci : *Stern Flap, Tahanan Kapal, CFD*

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

STERN FLAP EFFECT ANALYSIS FOR RESISTANCE REDUCTION OF HULL PLANING CHINE AXE BOW

Student Name : Aktivano Maulana
NRP : 04211340000072
Department : Marine Engineering
Lecturer : 1. Irfan Syarif Arief, S.T., M.T.
2. Ir. H. Agoes Santoso, M. Sc, M. Phil

ABSTRACT

Ship resistance is one of the main factors that can affect the design of a ship. Basically ship hull is made as efficient as possible, so that the need for power to propel the ship can be obtained as small as possible. With the acquisition of a small power requirement it affects the economic value of a vessel during operation. Efforts to reduce the ship resistance are carried out with proper design on the hydrodynamics and propulsion. In order to suppress ship resistance value for efficient delivery of vessels, one attempt is to add a stern flap. The author conducted a scientific study on the effect of adding stern flap that aims to reduce ship resistance value using the Computer Fluid Dynamics (CFD) method. The study was conducted by modelling a hull planing chine axe bow type patrol boat. Next add a stern flap model with size variations based on ship length (L_{pp}), Breadth Transom (B_T) and angle. Variations of speed also done at the time of testing at the speed of 15 knots, 20 knots, and 30 knots. From the analysis of each model of stern flap variations, acquired the stern flap model with the lowest resistance value that is on Stern Flap model 3 which has dimension of Chord length 1.5% LPP (0.57 m), Span width 100% B_T (5.651 m) and 0°Angle slope. The analysis result shows that the greatest reduction of resistance values up to 2.87% occurred at the speed of 15 knots from 47.211 kN (Bare Hull Ship Model) to 45.854 kN (Stern Flap Model 3).

Keywords: Stern Flap, Ship Resistance, CFD

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, segala puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, atas segala ridha dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan Judul : “Analisa Penambahan Stern Flap pada Kapal Hull Planing Chine Axe Bow Pengaruhnya Terhadap Tahanan Kapal”.

Skripsi ini disusun untuk memenuhi mata kuliah Skripsi dan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar sarjana Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Pada kesempatan kali ini, penulis menyampaikan banyak terima kasih kepada pihak-pihak yang telah membantu terselesaikannya Skripsi ini, karena dalam proses penyusunan dan pengerjaan Skripsi ini, penulis menyadari tanpa bantuan berbagai pihak maka skripsi ini tidak terselesaikan. Oleh karena itu, penulis mengucapkan banyak terimakasih kepada:

1. Allah SWT yang telah memberikan jalan dan petunjuk dalam menyelesaikan tugas akhir ini.
2. Kedua orang tua penulis, dan segenap keluarga yang selalu memberi dukungan dan doa.
3. Bapak Dr. Eng., M. Badrus Zaman, S.T., M.T., selaku Ketua Jurusan Teknik Sistem Perkapalan dan selaku dosen wali, yang selama ini mendukung dan memberikan ilmu yang bermanfaat.
4. Bapak Irfan Syarif Arief, ST. MT dan Ir. H. Agoes Santoso, M. Sc, M. Phil. selaku dosen pembimbing I dan II yang telah memberikan banyak masukan dan ilmu bagi penulis.
5. Teman-teman seperjuangan ITS-117 di lab MMD yang selalu memberikan dukungan serta semangat kepada penulis untuk menyelesaikan tugas akhir ini.
6. Teman-teman BARAKUDA '13 yang selalu memberikan semangat serta doa dan dukungan.
7. Semua pengurus dan anggota Laboratorium “Marine Manufacture and Design (MMD)” yang telah memberikan semangat dan transfer ilmu selama pengerjaan tugas akhir.
8. Keluarga UKM Kendo ITS yang selalu memberikan hiburan, motivasi, serta pengalaman yang tak terlupakan kepada penulis saat pengerjaan Skripsi.
9. Serta semua teman, sahabat dan pihak lain yang tidak dapat disebutkan satu persatu dalam membantu menyelesaikan skripsi ini.

Dalam pembuatan laporan Skripsi ini penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan analisa masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, penulis berharap adanya kritik dan saran yang sifatnya membangun bagi penulis. Akhir kata, semoga dengan semua ini mendapat berkah dan rahmat Allah SWT sehingga analisa pembuatan design dapat berkembang dan dapat diterapkan untuk industri perkapalan.

Surabaya, Januari 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK	v
<i>ABSTRACT</i>	vii
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR TABEL	xv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1.Latar Belakang	1
1.2.Rumusan Masalah	1
1.3.Batasan Masalah.....	1
1.4.Tujuan	2
1.5.Manfaat	2
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1.Kapal Hish Speed Craft.....	3
2.2.Hull Planing Chine	4
2.3.Axe Bow	4
2.4.Stern Flap	5
2.5Tahanan Kapal	7
2.6.Computational Fluid Dynamic	8
BAB III METODOLOGI	11
3.1.Identifikasi Perumusan Masalah.....	11
3.2.Studi Literatur	11
3.3.Pembuatan Model Kapal Axe Bow Hull	12
3.4.Validasi Model	12
3.5.Pembuatan Model Kapal Axe Bow Hull dengan Variasi Stern Flap.....	13
3.6.Analisa Tahanan Total Kapal	15
3.7.Analisa Data dan Perbandingan.....	24
3.8.Kesimpulan dan Saran.....	25
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN	27
4.1.Pembuatan Model Kapal	27
4.2.Pengujian Tahanan Kapal Bare Hull	30
4.3.Penambahan Variasi Stern Flap.....	32

4.4. Analisa Hasil Simulasi	33
4.5. Perbandingan Total Data Hasil Simulasi	43
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	49
5.1. Kesimpulan	49
5.2. Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	51
LAMPIRAN.....	53

DAFTAR GAMBAR

2.1. Gambar Jenis High Speed Craft	3
2.2. Gambar Planing hull kecepatan tinggi	4
2.3. Gambar Kapal Patroli Axe Bow	4
2.4. Gambar Stern Flap	5
2.5. Gambar Lokasi Stern Flap	5
2.6. Gambar Efek Stern Flap	6
2.7. Gambar Tahanan Gesek (Frictional Resistance)	7
2.8. Gambar Tahanan Gelombang (<i>Wave-making-resistance</i>)	8
3.1. Gambar Rencana Garis Kapal Patroli	12
3.2. Gambar Desain Stern Flap Model 1 & 2	13
3.3. Gambar Desain Stern Flap Model 3 & 4	14
3.4. Gambar Desain Stern Flap Model 5 & 6	14
3.5. Gambar Desain Stern Flap Model 7 & 8	14
3.6. Gambar Standar ukuran boundary domain	15
3.7. Gambar Konfigurasi Domain	15
3.8. Gambar Konfigurasi Initial Mesh	16
3.9. Gambar Konfigurasi <i>Adapt to Geometry</i>	16
3.10. Gambar Tampilan Mesh setelah <i>Adapt to Geometry</i>	17
3.11. Gambar Konfigurasi Snap to Geometry	17
3.12. Gambar Konfigurasi Optimisasi	18
3.13. Gambar Konfigurasi Lapisan Viskos	18
3.14. Gambar Hasil Meshing Body Kapal	19
3.15. Gambar Hasil Meshing Keseluruhan	19
3.16. Gambar Konfigurasi General Parameter	20
3.17. Gambar Konfigurasi Fluid Model	20
3.18. Gambar Konfigurasi Flow Model	21
3.19. Gambar Konfigurasi Boundary Condition	21
3.20. Gambar Konfigurasi Body Definition	22
3.21. Gambar Konfigurasi Body Motion	22
3.22. Gambar Konfigurasi Control Variables dan Output	23
3.23. Gambar Grafik Gaya Terhadap Waktu pada Monitor	24

3.24. Gambar Tampilan Kecepatan Aliran di CF View	24
3.25. Gambar Bagan Metodologi Penelitian	26
4.1. Gambar Rencana Garis Kapal Patroli	27
4.2. Gambar Kapal Hull Planing Chine	28
4.3. Gambar Hull Planing Chine Axe Bow	28
4.4. Gambar Bentuk Kapal Solid	30
4.5. Gambar Simulasi Kapal di Maxsurf Resistance.....	30
4.6. Gambar Simulasi Kapal di NUMECA FINE Marine.....	31
4.7. Gambar Grafik Validasi Perbandingan Tahanan	32
4.8. Gambar Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 15 Knot.....	34
4.9. Gambar Kecepatan Aliran Model Bare Hull 15 Knot.....	34
4.10. Gambar Kecepatan Aliran Stern Flap Model 3 15 Knot.....	35
4.11. Gambar Ketinggian Gelombang Stern Flap Model 3 15 Knot.....	35
4.12. Gambar Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 20 Knot.....	36
4.13. Gambar Kecepatan Aliran Model Bare Hull 20 Knot.....	37
4.14. Gambar Kecepatan Aliran Stern Flap Model 3 20 Knot.....	37
4.15. Gambar Ketinggian Gelombang Stern Flap Model 3 20 Knot.....	38
4.16. Gambar Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 25 Knot.....	39
4.17. Gambar Kecepatan Aliran Model Bare Hull 25 Knot.....	39
4.18. Gambar Kecepatan Aliran Stern Flap Model 3 25 Knot.....	40
4.19. Gambar Ketinggian Gelombang Stern Flap Model 3 25 Knot.....	40
4.20. Gambar Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 30 Knot.....	41
4.21. Gambar Kecepatan Aliran Model Bare Hull 30 Knot.....	42
4.22. Gambar Kecepatan Aliran Stern Flap Model 3 30 Knot.....	42
4.23. Gambar Ketinggian Gelombang Stern Flap Model 3 30 Knot.....	43
4.24. Gambar Grafik Perbandingan Tahanan Vs Kecepatan tiap Model	43
4.25. Gambar Grafik Perbandingan Persentase Pengurangan Tahanan Total masing-masing Model.....	45
4.26. Gambar Kapal dengan Stern Flap Model 3 (1)	46
4.27. Gambar Kapal dengan Stern Flap Model 3 (2)	47
4.28. Gambar Tampak Belakang Kapal dengan Stern Flap Model 3	47

DAFTAR TABEL

3.1. Tabel Variasi Desain Stern Flap	13
4.1. Tabel Data Kapal Hull Planing Chine Axe Bow	29
4.2. Tabel Data Hasil Uji Model Bare Hull di Maxsurf Resistance	31
4.3. Tabel Data Hasil Uji Model Bare Hull di FINE Marine	31
4.4. Tabel Data Kapal Hull Planing Chine Axe Bow	32
4.5. Tabel Variasi Desain Stern Flap	33
4.6. Tabel Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 15 Knot	33
4.7. Tabel Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 20 Knot	36
4.8. Tabel Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 25 Knot	38
4.9. Tabel Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 30 Knot	41
4.10. Tabel Data Pengurangan Nilai Tahanan dari tiap-tiap Model.....	43
4.11. Tabel Perbandingan Tahanan dengan Flap Optimum	46
4.12. Tabel Dimensi Stern Flap Model 3.....	46

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Penggunaan kapal cepat khususnya pada jenis lambung tunggal (*mono hull*) belakangan ini mulai marak digunakan di Indonesia. Banyak instansi baik pemerintah maupun swasta yang menggunakan kapal cepat untuk berbagai tujuan. Kecepatan kapal yang dapat dicapai dalam cuaca ekstrim menjadi hal yang sangat penting dalam desain. Salah faktor pembatas ditentukan oleh propulsi atau karakteristik resistensi merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi dalam perancangan sebuah kapal.

Pada umumnya desain kapal *high speed craft* (HSC) hanya menggunakan lambung jenis rounded hull, planning hull atau hard chine planing sehingga diperlukan suatu analisa dalam studi baru bentuk lambung ini, salah satunya dengan melakukan analisa teknis penggunaan bentuk lambung *Hull Planing Chine Axe Bow* dengan penambahan *Stern Flap*. Hal ini dilakukan untuk mengurangi luas permukaan basah (*water surface area*) karena munculnya turbulensi di bawah lambung, merubah sistem gelombang transom dan akan menambah kekuatan tekan kapal (gaya angkat), sehingga yang dengan sendirinya akan mengurangi hambatan dan peningkatan efisiensi maka akan menghasilkan daya yang berbeda, kecepatan mesin lebih kecil dan kebutuhan bahan bakar menjadi berkurang.

Pada penelitian ini akan diuji pengaruh penambahan *stern flap* pada kapal jenis hull *planing chine axe bow* agar dihasilkan suatu tahanan yang optimum dari kapal. Analisa aliran fluida dilakukan dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian dalam latar belakang diatas, maka didapatkan rumusan masalah yang akan dibahas pada penelitian tugas akhir ini antara lain:

- Bagaimana pengaruh penambahan stern flap terhadap tahanan pada kapal *hull planning chine axe bow*?
- Bagaimana permodelan *stern flap* yang optimum dalam mengurangi nilai tahanan?

1.3. Batasan Masalah

Pada penelitian tugas akhir ini terdapat beberapa batasan sebagaimana berikut:

- Analisa akan dilakukan pada model kapal patrol cepat jenis *Hull Planing Chine Axe Bow*.
- Permodelan kapal *Hull Planing Chine Axe Bow* menggunakan *Maxsurf*.
- Analisa aliran fluida dilakukan dengan metode CFD (*Computational Fluid Dynamics*).
- Analisa biaya tidak diperhitungkan

- Fokus pada permodelan bentuk kapal
- Tidak mempertimbangkan sistem penggerak kapal

1.4. Tujuan

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian tugas akhir ini adalah:

- Mengetahui pengaruh pengaruh penambahan stern flap terhadap tahanan pada kapal hull planning chine axe bow.
- Menentukan permodelan *stern flap* yang optimum pada kapal jenis *axe bow hull* dalam mengurangi nilai tahanan.

1.5. Manfaat

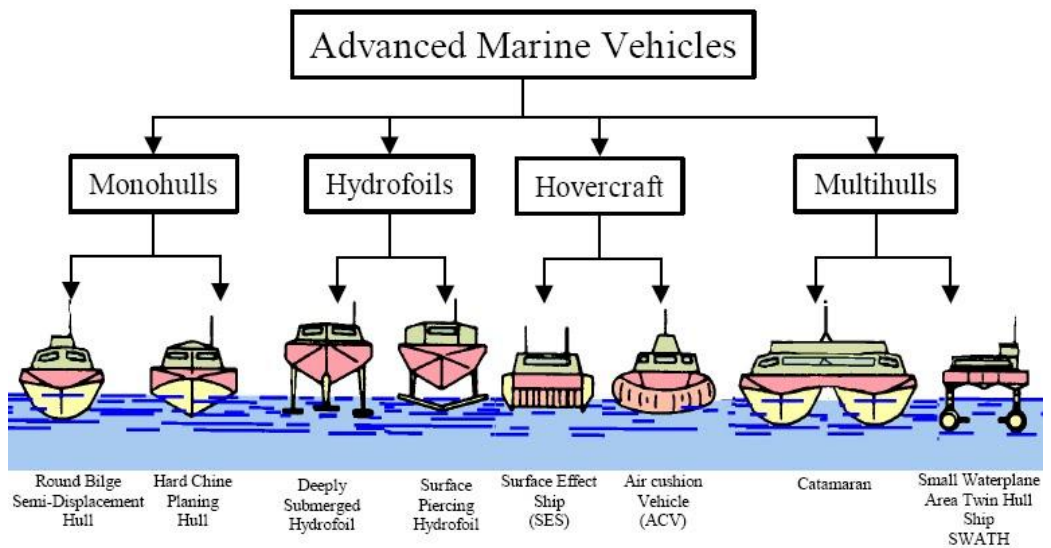
Adapun manfaat dari penulisan tugas akhir ini adalah:

- Mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang perkapalan dengan mengenalkan *stern flap*.
- Mengurangi pemakaian bahan bakar pada kapal dengan tahanan yang kecil.
- Mendapatkan desain kapal yang memiliki nilai tahanan yang kecil.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Kapal High Speed Craft

Kapal patroli merupakan kapal yang dirancang untuk berbagai peran perlindungan perbatasan suatu wilayah air. Kapal patroli juga dapat melakukan operasi penyelamatan. Kapal dengan tipe ini biasanya dirancang untuk memiliki kecepatan yang tinggi untuk memenuhi tugasnya.



Gambar 2.1 Jenis *High Speed Craft*

Kapal cepat adalah kapal yang dirancang untuk bergerak dengan cepat dan memiliki angka Froude Number (F_n) besar. Dengan klasifikasi sebagai berikut:

- Kapal lambat $F_n < 0.2$
- Kapal kecepatan sedang $0.2 < F_n < 0.4$
- Kapal cepat $0.4 < F_n < 0.8$
- Kapal super cepat $F_n > 0.8$

Dari keempat poin diatas jelas bahwa kapal dikatakan cepat bukan dari tolak ukur kecepatannya, namun berdasarkan besaran Froude Number (F_n), (F_n) dapat diperoleh dengan persamaan:

$$F_n = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}}$$

Dimana:

- V = kecepatan kapal (m/s)
- g = percepatan gravitasi (m/s^2)
- L = panjang kapal (lwl) (m)

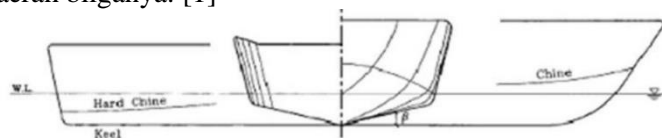
2.2. Hull Planing Chine

Planing hull adalah lambung kapal yang dirancang khusus untuk dapat mengangkat di permukaan air ketika kapal bergerak dengan kecepatan tinggi. Pada umumnya *planing hull* memiliki bentuk lambung Vee-hull (lambung V).

Sebuah kapal dikatakan berbentuk *planing hull* ketika Froude Nummernya $F_n > 1.2$. tetapi, $F_n = 1.0$ juga digunakan sebagai batas terendah dari *Planing hull*.

Kapal *planing hull* biasanya dipakai digunakan pada kapal patroli, kapal penangkap ikan, kapal service, dan kapal kompetisi olahraga.

Planing hull kecepatan tinggi digunakan untuk mengurangi tekanan negatif pada lambung saat kapal mencapai kecepatan tinggi. Ini bermaksud untuk memiliki aliran separasi pada daerah *transom* dan sepanjang lambung. Aliran separasi sepanjang sisi lambung disempurnakan dengan adanya *hard chine*. *Planing hull chine* merupakan tipe lambung vee yang memiliki dagu atau lekukan pada daerah bilganya. [1]



Gambar 2.2 *Planing hull* kecepatan tinggi

2.3. Axe Bow

Axe Bow merupakan tipe haluan kapal yang memiliki karakteristik bentuk haluan kapal yang runcing dan sempit dengan arah vertikal dengan ujung bawah haluan yang semakin dalam menyerupai bentuk ujung kapak. Bentuk ini digunakan untuk menusuk dan memecah gelombang laut. [2]

Fitur yang paling mencolok dari bentuk haluan *axe bow* ini adalah:

- Bentuk bagian depan haluan menyerupai batang vertikal lurus sehingga meningkatkan panjang garis air menjadi maksimum dan dengan dilakukannya demikian membuat bagian depan kapal memiliki volume displasmen yang tercelup.
- Bentuk *sheer* pada bagian depan dibuat lebih tinggi untuk menghindari masuknya air ke atas dek dan juga untuk memberikan *buoyancy* cadangan yang cukup
- Pada *centerline* lambung menuju bagian depan dibuat memiliki penurunan negatif guna untuk mengurangi resiko *slamming*



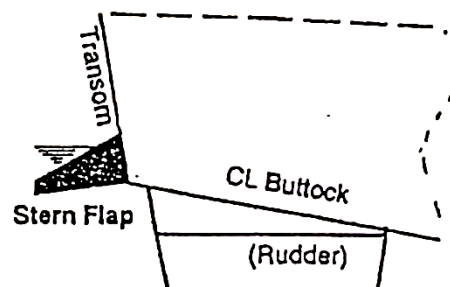
Gambar 2.3 Kapal Patroli *Axe Bow*

2.4. Stern Flap

Stern flap adalah salah satu penambahan appendage yang berupa penambahan panjang pada buritan kapal. Interaksi dengan lambung terjadi pada *trim* kapal, mengurangi tahanan propulsi dan meningkatkan kecepatan kapal. Parameter paling penting dari *stern flap* adalah panjang *chord* (L_f), sudut *flap* (α) dan *flap span* sepanjang *transom*. Dari berbagai penelitian *stern flap* memiliki efek dalam performa kapal seperti *stern wedge*. Semua *stern flap* tergantung pada ukuran dan tipe dari kapal yang akan digunakan. [3]

Stern flap menyebabkan gaya angkat keatas pada *transom* dan merubah distribusi tekanan pada buritan kapal. Pada kapal *planning hull* *stern flap* berpengaruh pada sudut *trim* 4 – 5 derajat. Sedangkan pada *displacement hull* *stern flap* mengakibatkan kenaikan sudut *trim* 0.1 – 0.3 derajat. Hal ini tidak berpengaruh signifikan pada pengurangan tahanan kapal.

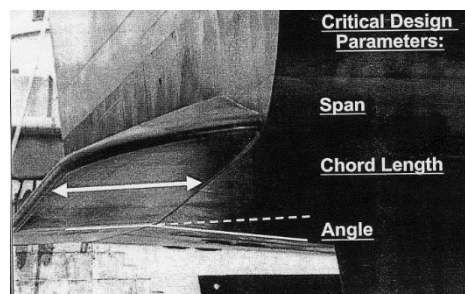
Keuntungan dasar pada kapal dengan penambahan *stern flap* pada kapal adalah perubahan alur aliran disekitar propeller. Aliran ini memberikan pengurangan *drag* pada bagian buritan dan merubah tahanan gelombang pada kapal.



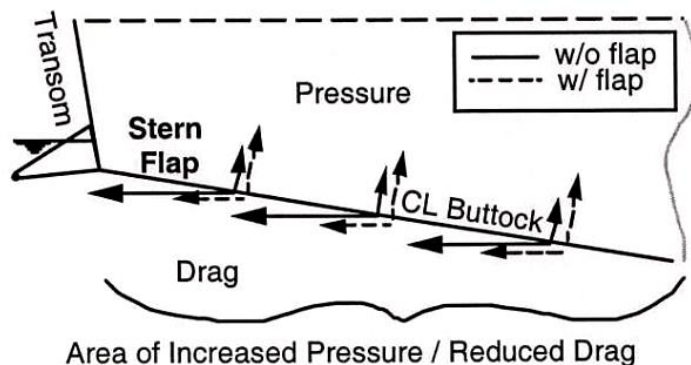
Gambar 2.4 *Stern Flap*

Keuntungan dasar pada penambahan *stern flap* adalah:

- Mengurangi tahanan pada *powering*
- Meningkatkan kecepatan maksimum
- Merubah system gelombang *transom*



Gambar 2.5 Lokasi *Stern Flap*



Gambar 2.6 Efek *Stern Flap*

Stern flap menyebabkan aliran pada bawah lambung menurun pada lokasi penambahan panjang. Penurunan *flow velocity* akan meningkatkan tekanan pada bawah lambung, hal ini menyebabkan pengurangan gaya hisap *afterbody* (pengurangan bentuk drag). Tinggi gelombang dan energi gelombang pada buritan dapat dikurangi dengan adanya *stern flap*. [3]

2.4.1. Efek Hidrodinamis pada *Stern Flap*

1. Perubahan Aliran Buritan

Stern flap mengurangi kecepatan aliran dan meningkatkan tekanan dinamis pada bawah lambung. Peningkatan daerah tekanan menyebabkan gaya angkat yang lebih besar yang menghasilkan efek positif dalam pergerakan arah kapal.

Stern flap meningkatkan kecepatan aliran keluar pada *trailing edge* dibandingkan dengan *transom* tanpa *flap*. Peningkatan kecepatan ini akan mengurangi aliran perpisahan dan menjadikan aliran perpisahan yang lebih bersih yang menghasilkan pengurangan pada tahanan *viscous pressure*.

2. Perubahan Sistem Gelombang

Pemindahan aliran disekitar daerah buritan tanpa *stern flap* diakibatkan oleh hilangnya energi *eddy-making*, turbulensi dan adanya “*white water*”. Pada kecepatan yang sama *stern flap* mengakibatkan daerah aliran dengan mengurangi tinggi, *slope* dan gelombang pecah. Dengan adanya *stern flap* dapat mengurangi tinggi gelombang pada sistem daerah dekat buritan dan daerah jauh buritan.

3. Gaya Angkat dan *Drag*

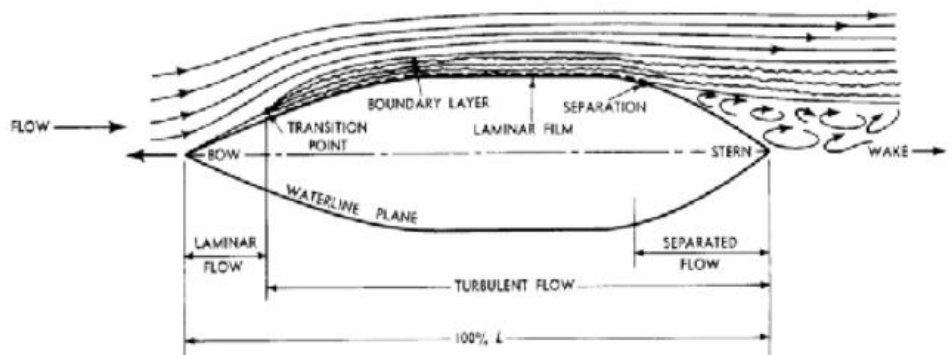
Stern flap dapat menghasilkan gaya angkat dan *drag* pada semua kecepatan dan kondisi. Keuntungannya adalah interaksi dengan lambung dan propeller sehingga dapat mengurangi tahanan kapal. Gaya angkat dan *drag* meningkat lebih besar seiring dengan peningkatan *chord*, *span* dan sudut dari *stern flap*.

2.5 Tahanan Kapal

Secara umum setiap benda yang bergerak atau dinamis pastinya akan memiliki tahanan yang mengiringinya. Hal ini disebabkan karena ketika benda bergerak, maka akan timbul gaya gesek antara benda dengan benda/media lain. Tahanan kapal merupakan gaya hambat dari media fluida yang dilalui oleh kapal saat beroperasi dengan kecepatan tertentu. Besarnya gaya tahanan total ini merupakan jumlah dari semua komponen tahanan yang bekerja di kapal seperti:

1. Tahanan Gesek

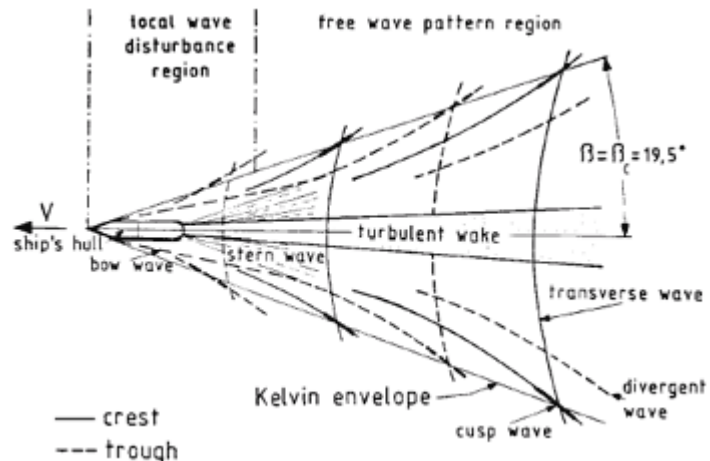
Tahanan gesek merupakan tahanan yang diterima oleh kapal pada saat melaju yang dihasilkan antara gesekan kulit lambung kapal yang tercelup dengan air. Partikel air yang terdapat pada lapisan batas (*boundary layer*) mengalami percepatan karena adanya kecepatan lambung kapal, sehingga menyebabkan *drag* karena friksi atau gesekan partikel air tersebut. [4]



Gambar 2.7 Tahanan Gesek (*Frictional Resistance*)

2. Tahanan Gelombang

Tahanan Gelombang (*Wave making resistance*) adalah hilangnya energi yang disebabkan oleh gelombang ketika haluan kapal menabrak air. Dalam tahanan Gelombang, system tahanan yang dihasilkan dibagi menjadi 2 sistem, yaitu *Transverse wave system* dan *Divergent wave system*. Dalam *Transverse wave system*, gelombang rata-rata berjalan dengan kecepatan yang sama dengan kapal. pada kecepatan kapal yang lambat (*slow speed*), beberapa puncak gelombang ada di sepanjang panjang kapal. Ketika kecepatan kapal dinaikkan, panjang dari gelombang transversal akan naik karena gelombang panjang yang lebih kecil dari panjang kapal. [4]



Gambar 2.8 Tahanan Gelombang (*Wave-making-resistance*)

3. Tahanan Tambahan

Tahanan tambahan adalah tahanan yang diakibatkan oleh faktor lain selain tahanan gelombang dan gesek. Tahanan tambahan dapat berupa tahanan udara, dan tahanan kemudi. tahanan udara merupakan tahanan yang terjadi akibat gesekan antara udara dengan bagian atas kapal yang tidak tercelup air. Tahanan udara yang dialami oleh kapal sangat tergantung pada desain bangunan kapal diatas sarat air. Pada umumnya, besarnya tahanan udara tidak terlalu diperhitungkan. [4]

2.6. Computational Fluid Dynamic

Computational Fluid Dynamic (CFD) merupakan metode penghitungan dengan sebuah kontrol dimensi, luas dan volume dengan memanfaatkan bantuan komputasi komputer untuk melakukan perhitungan pada tiap-tiap elemen pembagiannya. Prinsipnya adalah suatu ruang yang berisi fluida yang akan dilakukan penghitungan dibagi-bagi menjadi beberapa bagian, hal ini sering disebut dengan sel dan prosesnya dinamakan *meshing*. Bagian-bagian yang terbagi tersebut merupakan sebuah kontrol penghitungan yang akan dilakukan oleh aplikasi atau *software*. Kontrol-kontrol penghitungan ini beserta kontrol-kontrol penghitungan lainnya merupakan pembagian ruang yang disebut *meshing*. Nantinya, pada setiap titik control penghitungan akan dilakukan penghitungan oleh aplikasi dengan batasan domain dan *boundary condition* yang telah ditentukan. Prinsip inilah yang banyak dipakai pada proses penghitungan dengan menggunakan bantuan komputasi komputer. [5]

Secara sederhana proses perhitungan yang dilakukan oleh aplikasi CFD adalah dengan kontrol-kontrol penghitungan yang telah dilakukan maka kontrol penghitungan tersebut akan dilibatkan dengan memanfaatkan persamaan-persamaan yang terlibat. Persamaan-persamaan ini adalah persamaan yang dibangkitkan dengan memasukkan parameter apa saja yang terlibat dalam domain. Misalnya ketika suatu model yang akan dianalisa melibatkan

temperature berarti model tersebut melibatkan persamaan energi atau konservasi dari energi tersebut. Inisialisasi awal dari persamaan adalah *boundary condition*. *Boundary condition* adalah kondisi dimana kontrol-kontrol perhitungan didefinisikan sebagai definisi awal yang akan dilibatkan ke kontrol-kontrol penghitungan yang berdekatan dengannya melalui persamaan-persamaan yang terlibat. [5]

Secara umum proses penghitungan pada metode CFD terdiri atas 3 bagian utama, yaitu:

1. *Preprocessor*

Preprocessor adalah tahap dimana data diinput mulai dari pendefinisian domain serta pendefinisian kondisi batas atau *boundary condition*. Ditahap itu juga sebuah benda atau ruangan yang akan analisa dibagibagi dengan jumlah grid tertentu atau sering disebut juga dengan meshing.

2. *Processor/solver*

Tahap selanjutnya adalah processor, pada tahap ini dilakukan proses penghitungan data-data input dengan persamaan yang terlibat secara iteratif. Artinya penghitungan dilakukan hingga hasil menuju error terkecil atau hingga mencapai nilai yang konvergen. Penghitungan dilakukan secara menyeluruh terhadap volume kontrol dengan proses integrasi persamaan diskrit.

3. *Postprocessor*

Tahap akhir merupakan tahap *postprocessor* dimana hasil perhitungan diinterpretasikan ke dalam gambar, grafik bahkan animasi dengan pola-pola warna tertentu.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB III METODOLOGI

Metode penelitian merupakan acuan yang digunakan dalam pelaksanaan penelitian secara umum metode penelitian merupakan tahapan dan proses yang digunakan untuk mencapai tujuan dari penelitian tugas akhir. Berikut ini adalah langkah-langkah dalam proses pengerjaan penelitian yang dilakukan:

3.1. Identifikasi Perumusan Masalah

Pada penelitian ini masalah yang akan dibahas dan dipecahkan adalah mengenai analisa penambahan *stern flap* pada kapal *hull planning chine axe bow* pengaruhnya terhadap tahanan kapal. Pada proses ini akan dilakukan identifikasi rumusan masalah tentang analisa prediksi tahanan pada kapal *hull planning chine axebow* dan tahanan kapal setelah penambahan *stern flap* dengan metode numerik dan metode *computational fluid dynamics* (CFD). Analisa yang dilakukan adalah dengan mendapat dimensi dan spesifikasi kapal yang akan digunakan untuk simulasi lalu dilakukan penambahan variasi *stern flap* yang nantinya akan diuji menggunakan metode CFD.

3.2. Studi Literatur

Studi literatur dengan mencari literatur yang berkaitan dengan permasalahan yang akan diteliti. Literatur bisa bersumber dari buku, jurnal, artikel atau penelitian sebelumnya yang masih berkaitan dengan penelitian yang akan dilakukan. Studi literatur ini bertujuan untuk membantu dalam menyelesaikan permasalahan yang ada berdasarkan teori maupun cara yang seharusnya dilakukan. Dalam tugas akhir ini peneliti akan mendalami mengenai:

1. Studi mengenai tahanan kapal *hull planing chine axe bow*

Informasi mengenai tahanan kapal berasal dari buku referensi dan penelitian-penelitian terdahulu mengenai kapal jenis *hull planing chine* yang sesuai dengan tujuan yang ada.

2. Studi mengenai bentuk *Axe Bow*

Studi literatur mengenai bentuk haluan kapal menyerupai kapak (*Axe Bow*) berasal dari penelitian-penelitian terdahulu.

3. Studi mengenai *Stern Flap* dan desain *Stern Flap*

Studi literatur mengenai bentuk *Stern Flap* dan desainnya berdasarkan penelitian terdahulu atau jurnal yang sudah ada.

4. Mencari data kapal patroli

Data kapal dibutuhkan untuk membuat bentuk permodelan tiga dimensi kapal. Kapal yang digunakan merupakan jenis kapal cepat patroli.

5. Membuat model kapal menggunakan *Maxsurf Modeller*

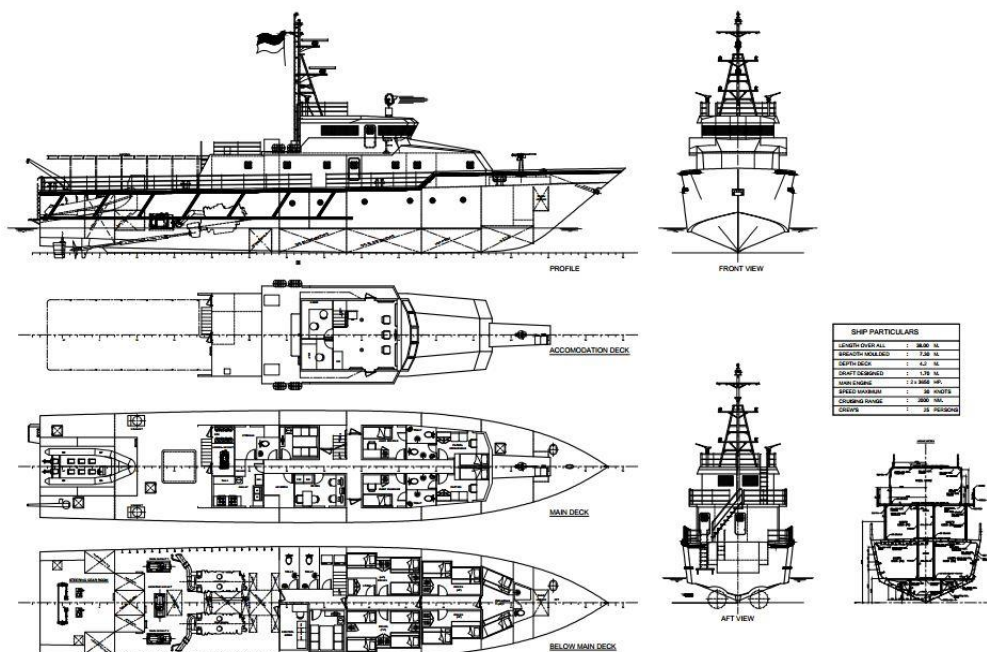
Mempelajari *software Maxsurf* guna untuk membantu proses pembuatan bentuk permodelan kapal.

6. Analisa tahanan menggunakan *Maxsurf Resistance* dan NUMECA FINE Marine. Mempelajari *software Maxsurf Resistance* dan NUMECA FINE Marine untuk membantu proses menganalisa tahanan pada kapal yang diuji.

3.3. Pembuatan Model Kapal *Axe Bow Hull*

Pembuatan model kapal dilakukan dengan menggunakan data kapal patroli yang telah ada. Data dimensi kapal yang digunakan dalam tugas akhir ini adalah berikut:

▪ LOA	:	38	m
▪ <i>Breadth Moulded</i>	:	7.3	m
▪ <i>Depth Deck</i>	:	4.2	m
▪ <i>Draft Designed</i>	:	1.7	m



Gambar 3.1 Rencana Garis Kapal Patroli

Dikarenakan jenis bentuk kapal yang akan diteliti dalam tugas akhir ini merupakan jenis kapal *hull planing chine axe bow*, Data kapal yang didapat oleh penulis merupakan kapal jenis *hull planing chine* namun tidak memiliki bentuk haluan *axe bow*. Oleh sebab itu akan dilakukannya modifikasi bentuk haluan menjadi bentuk haluan *axe bow*. Modifikasi bentuk haluan dilakukan dengan *software Maxsurf Modeller*.

3.4. Validasi Model

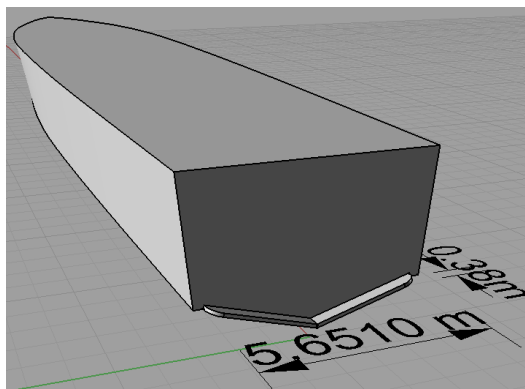
Validasi model dilakukan untuk memastikan nilai tahanan kapal pada hasil masing-masing pengujian memiliki kesamaan dan tidak memiliki selisih lebih dari 15%. Proses validasi menggunakan 2 metode berbeda yaitu menggunakan *Maxsurf Resistance* dan CFD NUMECA FINE Marine.

3.5. Pembuatan Model Kapal Axe Bow Hull dengan Variasi Stern Flap

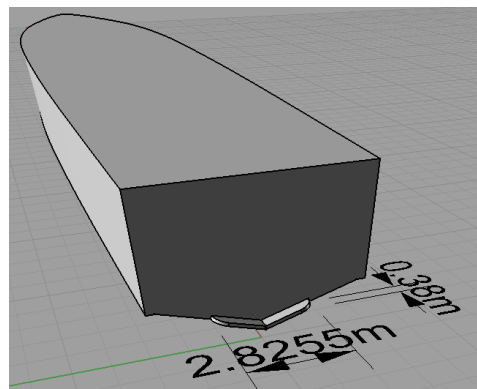
Setelah dilakukan proses validasi tahanan kapal maka dapat dibuat permodelan *stern flap* yang akan dipasang pada model kapal *axe bow hull*. Berdasarkan penelitian yang sudah ada mengenai *stern flap*, panjang chord yang disarankan adalah 1% sampai dengan 2,5% LPP. Lebar span yang disarankan sesuai dengan lebar transom (*Breadth Transom*) dapat menggunakan *full width* (100% BT) atau setengah lebar nya (50% BT). Sudut kemiringan pada *stern flap* yang didesain adalah 0° . Model *stern flap* akan dibuat 8 variasi *Chord Span* dan sudut *stern flap* yang berbeda untuk mencari desain yang optimum. Perancangan model menggunakan cara yang sama dengan penggambaran lambung kapal.

Tabel 3.1 Variasi Desain *Stern Flap*

No	Model	Lebar Span (*% BT)	Lebar Span (m)	Panjang Chord (1-2.5%LPP)	Panjang Chord (m)	Sudut
1	Stern Flap Model 1	100%	5.65100	1.0%	0.380	0°
2	Stern Flap Model 2	50%	2.82550	1.0%	0.380	0°
3	Stern Flap Model 3	100%	5.65100	1.5%	0.570	0°
4	Stern Flap Model 4	50%	2.82550	1.5%	0.570	0°
5	Stern Flap Model 5	100%	5.65100	2.0%	0.760	0°
6	Stern Flap Model 6	50%	2.82550	2.0%	0.760	0°
7	Stern Flap Model 7	100%	5.65100	2.5%	0.950	0°
8	Stern Flap Model 8	50%	2.82550	2.5%	0.950	0°

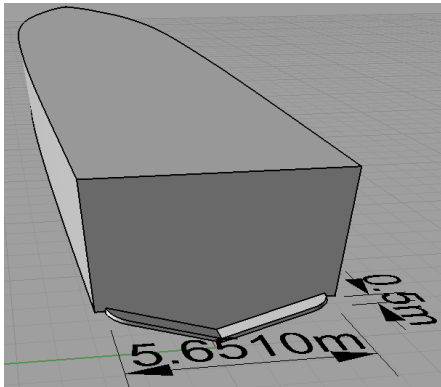


(a)

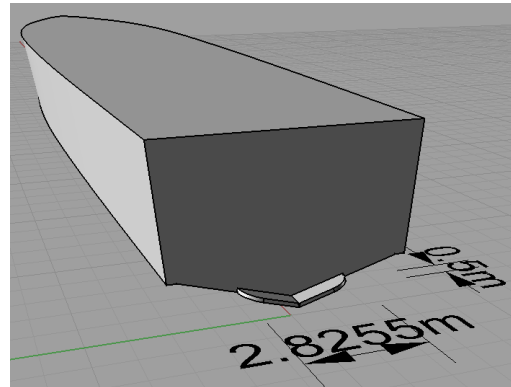


(b)

Gambar 3.2 (a) Desain Stern Flap Model 1. (b) Desain Stern Flap Model 2

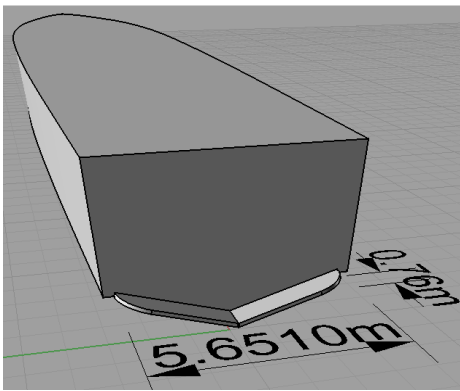


(a)

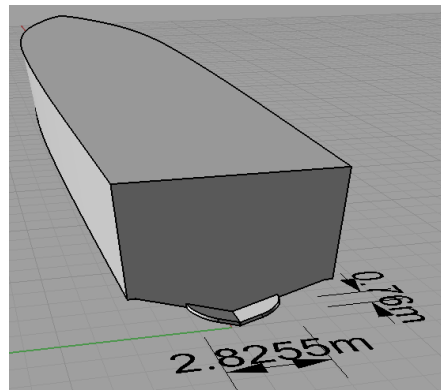


(b)

Gambar 3.3 (a) Desain Stern Flap Model 3. (b) Desain Stern Flap Model 4

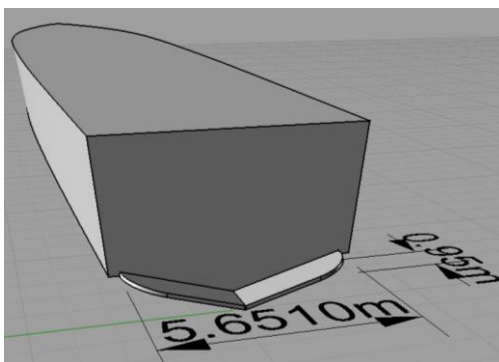


(a)

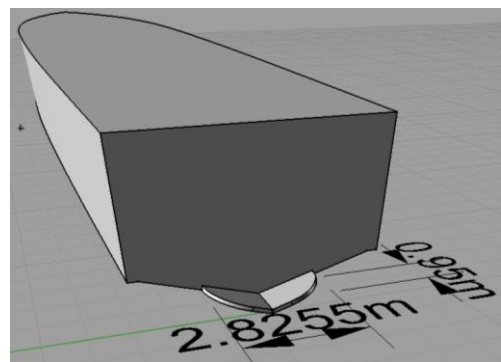


(b)

Gambar 3.4 (a) Desain Stern Flap Model 5. (b) Desain Stern Flap Model 6



(a)



(b)

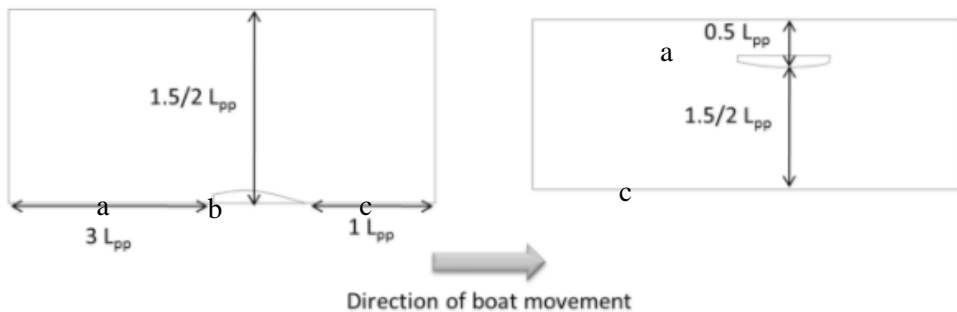
Gambar 3.5 (a) Desain Stern Flap Model 7. (b) Desain Stern Flap Model 8

3.6. Analisa Tahanan Total Kapal

Analisa tahanan kapal Hull planing chine axe bow menggunakan software CFD NUMECA FINE Marine dilakukan dengan menguji 9 model kapal (1 model *bare hull* dan 8 model variasi *stern flap*) dengan 4 variasi kecepatan yaitu masing-masing pada kecepatan 15 knot; 20 Knot; 25 Knot; 30 Knot. Pengambilan data dalam simulasi ini berupa Tahanan, Luasan Basah dan Kecepatan Aliran.

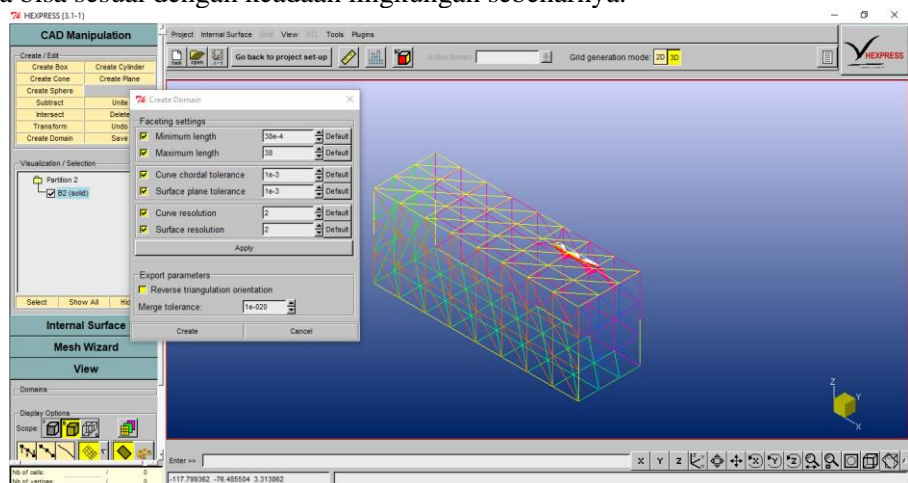
Meshing

Setelah permodelan geometri kapal selesai dibuat maka dapat dilanjutkan dengan proses meshing. tahapan ini merupakan pembagian detail dari bentuk geometri menjadi elemen-elemen dan node-node yang lebih kecil dan spesifik. Pada proses pengujian model, setiap elemen-elemen tersebut akan diberikan perhitungan oleh software CFD.



Gambar 3.6 Standar ukuran boundary domain

Dalam NUMECA Hexpress, pengaturan yang dilakukan pertama kali yaitu menentukan ukuran domain. ukuran domain memiliki standar *boundary* agar hasil analisa bisa sesuai dengan keadaan lingkungan sebenarnya.

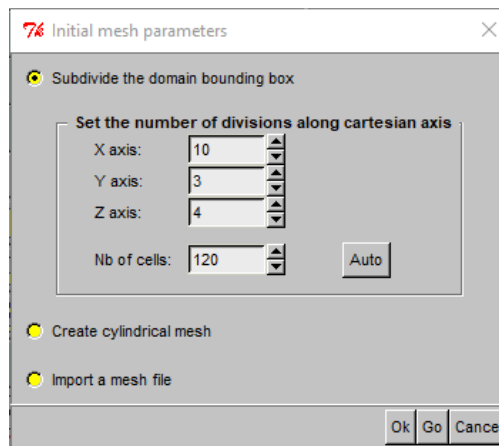


Gambar 3.7 Konfigurasi Domain

Pembuatan domain dilakukan sesuai dengan rekomendasi standar ukuran domain, bentuk geometri kapal dibuat menjadi *half-body* dikarenakan bentuk kapal merupakan simetris, hal ini juga akan mempengaruhi pada jumlah cell hasil meshing yang berdampak pada lamanya waktu running.

Setelah membuat domain, proses meshing dapat dilakukan adapun urutan dalam proses meshing dalam NUMECA Hexpress adalah:

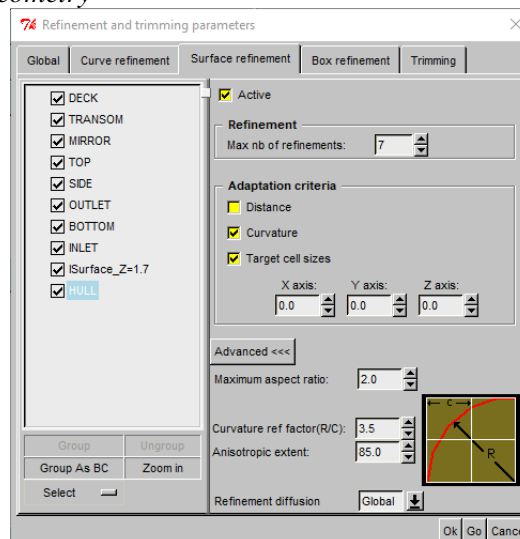
1. Initial Mesh



Gambar 3.8 Konfigurasi *Initial Mesh*

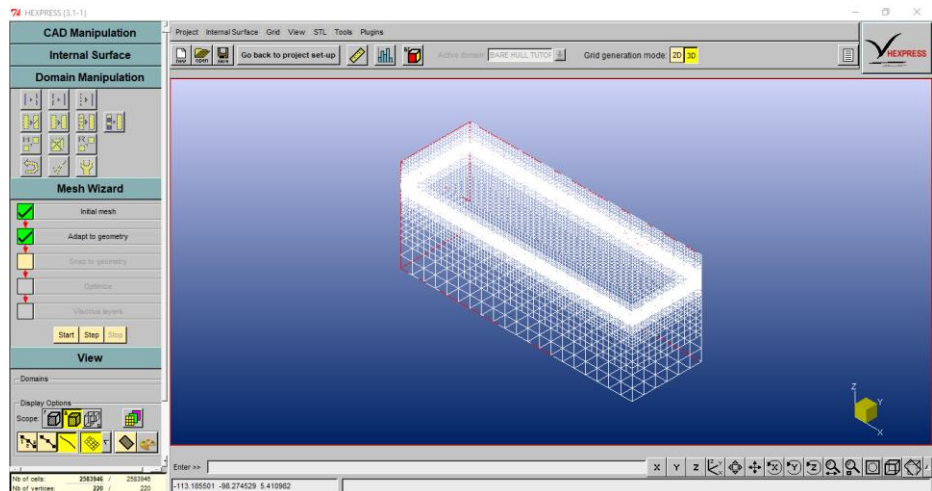
Dalam *Initial Mesh*, dilakukan pembagian geometri seluruh domain. domain dibagi menjadi cell berbentuk kotak sesuai dengan domain yang didefinisikan.

2. Adapt to Geometry



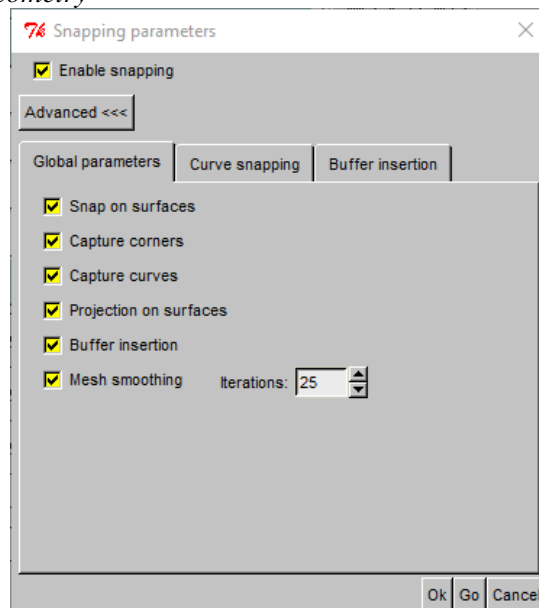
Gambar 3.9 Konfigurasi *Adapt to Geometry*

Dalam *Adapt to Geometry*, dilakukan *Refinement* terhadap cell-cell yang telah terbagi sesuai dengan bentuk geometri. Selain penghalusan, *Trimming* juga dilakukan yaitu menghapus terhadap cell-cell yang saling menyalang atau yang berlokasi diluar geometri.



Gambar 3.10 Tampilan Mesh setelah *Adapt to Geometry*

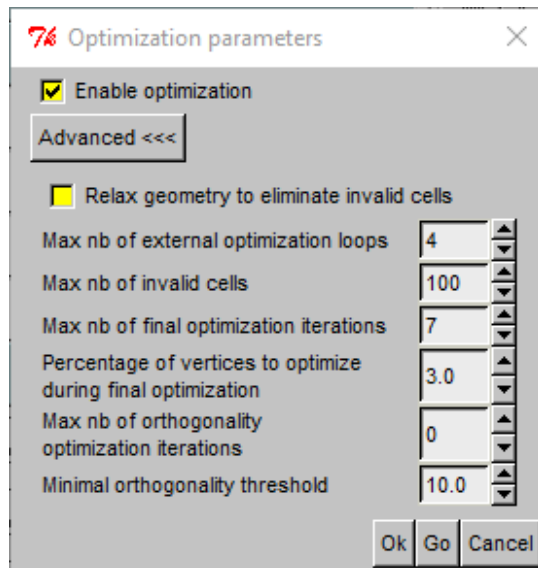
3. *Snap to Geometry*



Gambar 3.11 Konfigurasi *Snap to Geometry*

Tujuan dari langkah otomatis ini yaitu untuk memproyeksikan mesh yang didapat dari hasil sebelumnya terhadap bentuk geometri sehingga menghasilkan bentuk geometri yang halus.

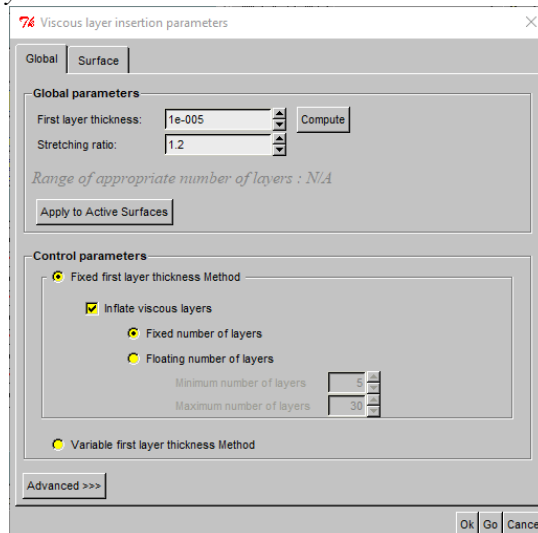
4. Optimize



Gambar 3.12 Konfigurasi Optimisasi

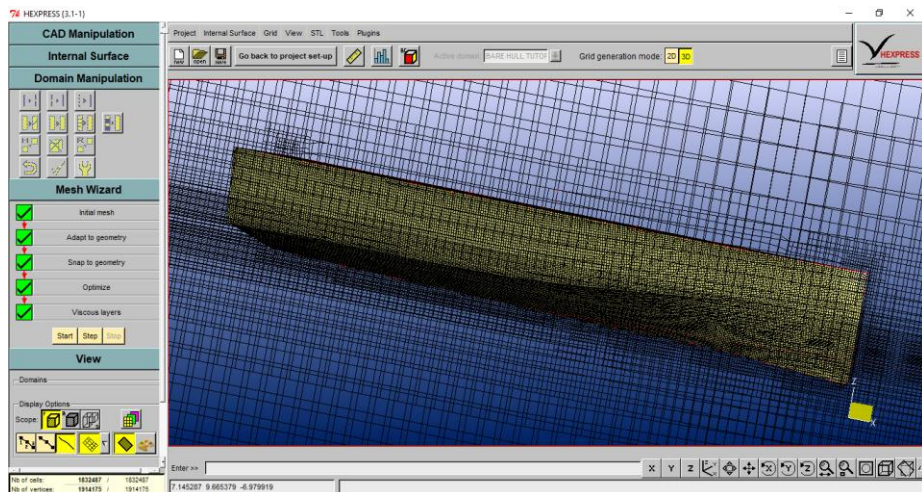
Dalam *Optimize*, dilakukan optimisasi terhadap hasil mesh yang memiliki kualitas buruk seperti *concave cells*, *negative cells*, *twisted cells* Untuk mengetahui kualitas dari cell dapat dilihat dengan menu *mesh quality*.

5. Viscous Layers

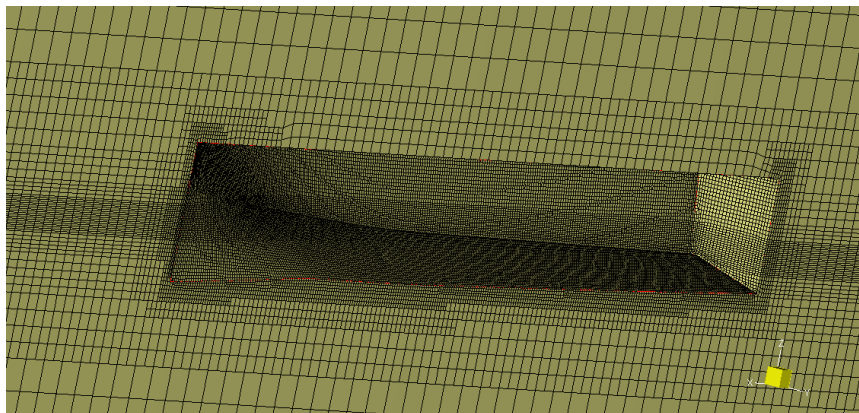


Gambar 3.13 Konfigurasi Lapisan Viskos

Dalam *Viscous Layers*, dilakukan pendekatan yang spesifik dalam penyisipan lapisan viskos berdasarkan kecepatan sehingga dihasilkan angka Reynolds dan angka Froude yang dipengaruhi kecepatan dan ukuran kapal.



Gambar 3.14 Hasil Meshing Body Kapal

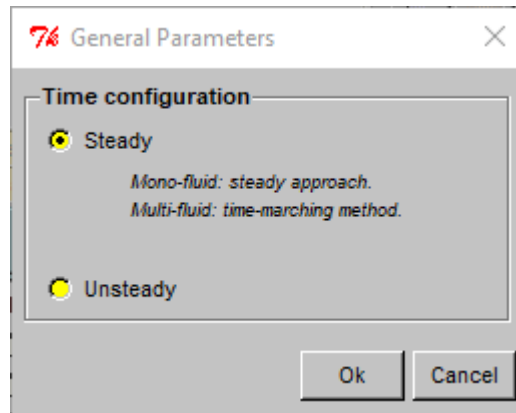


Gambar 3.15 Hasil Meshing Keseluruhan

Pengaturan Simulasi CFD

Proses selanjutnya setelah meshing dan definisi geometri adalah melakukan pengaturan terhadap simulasi aliran yang akan diuji. berikut merupakan beberapa parameter yang perlu didefinisikan:

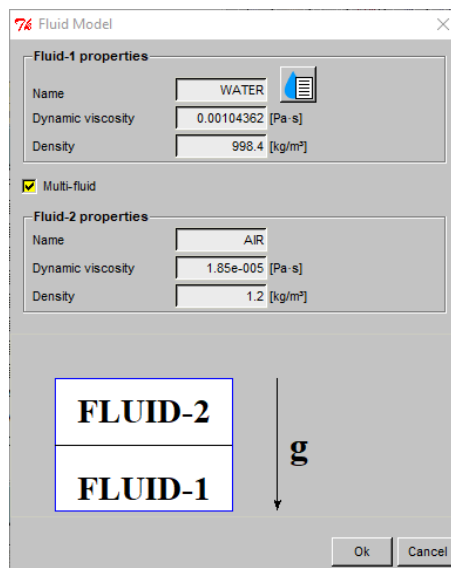
1. General Parameter



Gambar 3.16 Konfigurasi *General Parameter*

Dalam parameter umum ini mengenai konfigurasi waktu pada hasil simulasi saat time step yang ditentukan. terdapat 2 pilihan yaitu *Steady* dan *Unsteady*. *Steady* digunakan apabila ingin mendapatkan hasil running pada saat time step terakhir dan *Unsteady* digunakan apabila ingin mendapatkan hasil simulasi pada saat time step tertentu. Dalam penelitian ini menggunakan konfigurasi *Steady*.

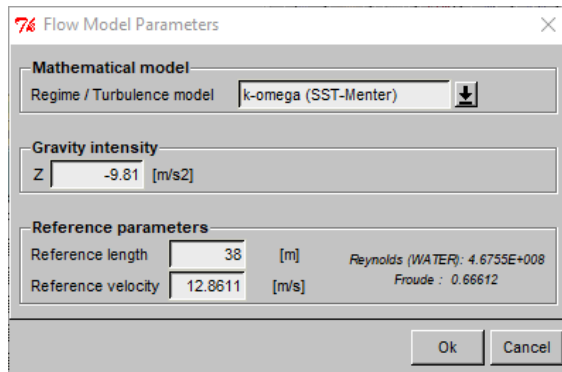
2. Fluid Model



Gambar 3.17 Konfigurasi Fluid Model

Dalam konfigurasi *Fluid Model* ini merupakan definisi fluida yang digunakan. Pada penelitian ini menggunakan konfigurasi *multi fluid* yaitu fluida air dan udara. Bagian fluida air dan udara dipisahkan oleh *internal surface* yang telah dibuat pada proses penggambaran geometri.

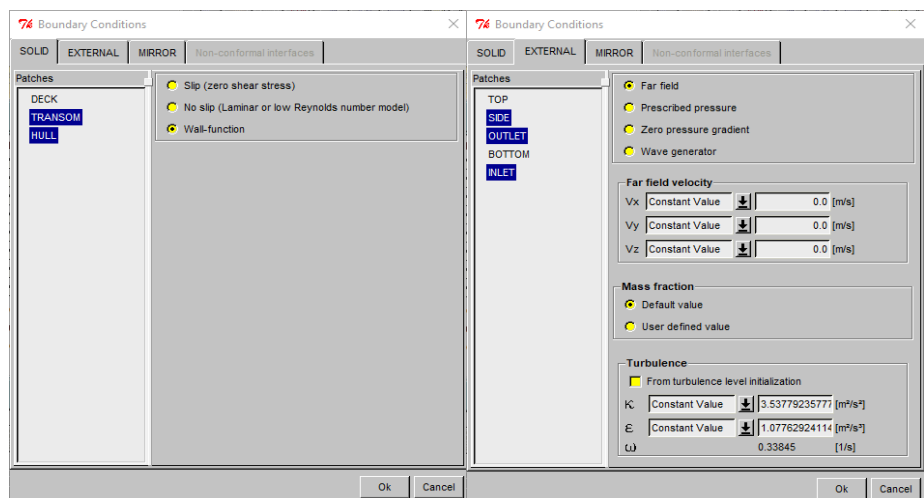
3. Flow Model



Gambar 3.18 Konfigurasi *Flow Model*

Dalam konfigurasi *Flow Model* ini merupakan definisi untuk menentukan karakteristik dari aliran yang akan digunakan. terdapat dua pilihan yaitu laminar dan aliran turbulen serta intensitas dari gravitasi. Pada bagian Reference parameters untuk mendefinisikan perhitungan dari Froude number dan Reynolds number yang tertuju pada pengaturan *Fluid Model*.

4. Boundary Condition

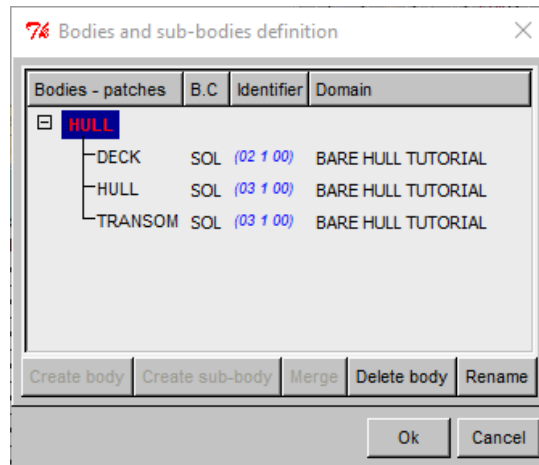


Gambar 3.19 Konfigurasi *Boundary Condition*

Boundary Condition merupakan pendefinisian dari kondisi batasan-batasan yang akan disimulasikan. Konfigurasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah

dengan mendefinisikan body kapal sebagai *solid wall-function*, pada kondisi external dibuat kondisi perairan tenang.

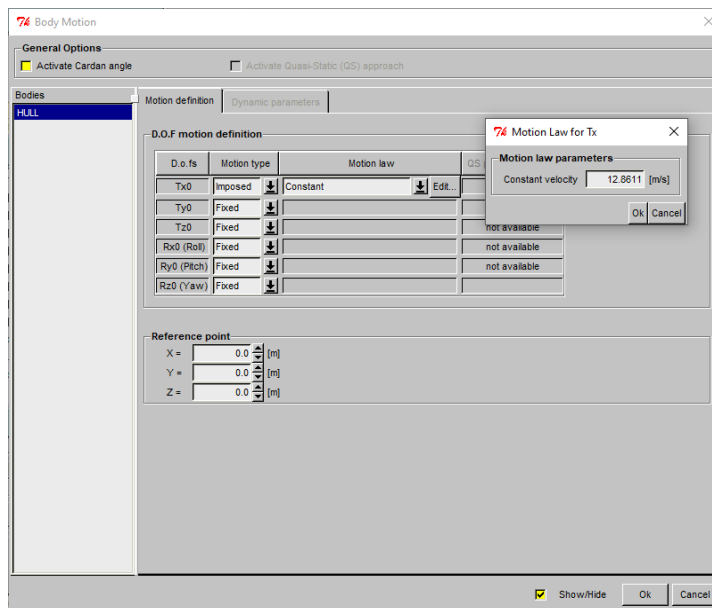
5. Body Definition



Gambar 3.20 Konfigurasi *Body Definition*

Body Definition dilakukan untuk menentukan bagian-bagian yang akan dijadikan sebuah badan yang akan diuji. Pada konfigurasi ini badan kapal terdiri dari *deck*, *hull* dan *transom*.

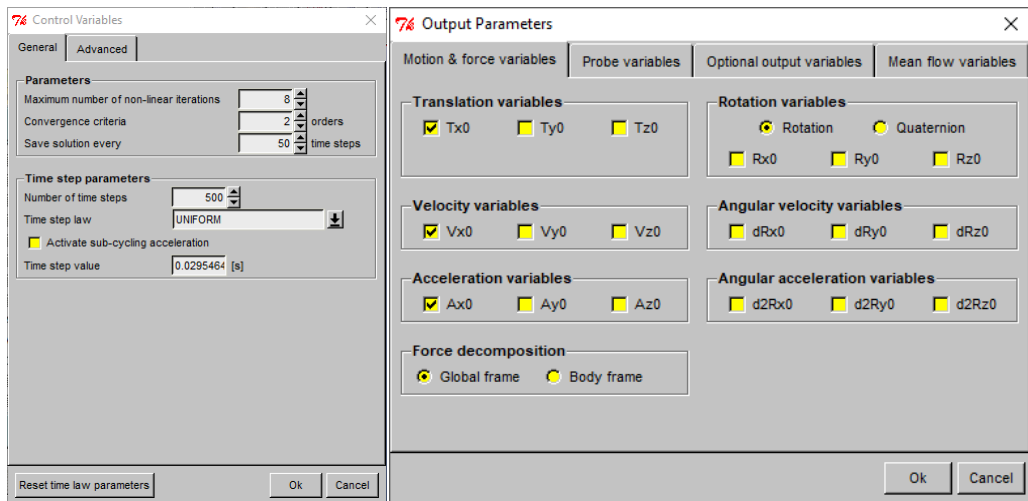
6. Body Motion



Gambar 3.21 Konfigurasi *Body Motion*

Body Motion merupakan bagian yang menentukan gerak dari badan kapal yang akan diuji. Badan kapal dapat bergerak berdasarkan 6 derajat kebebasan serta konfigurasi untuk menentukan nilai kecepatan dan percepatan dari badan kapal. Dalam penelitian ini menggunakan *fixed imposed* terhadap sumbu x dengan memberi variasi kecepatan konstan.

7. Computational Control Variables dan Output

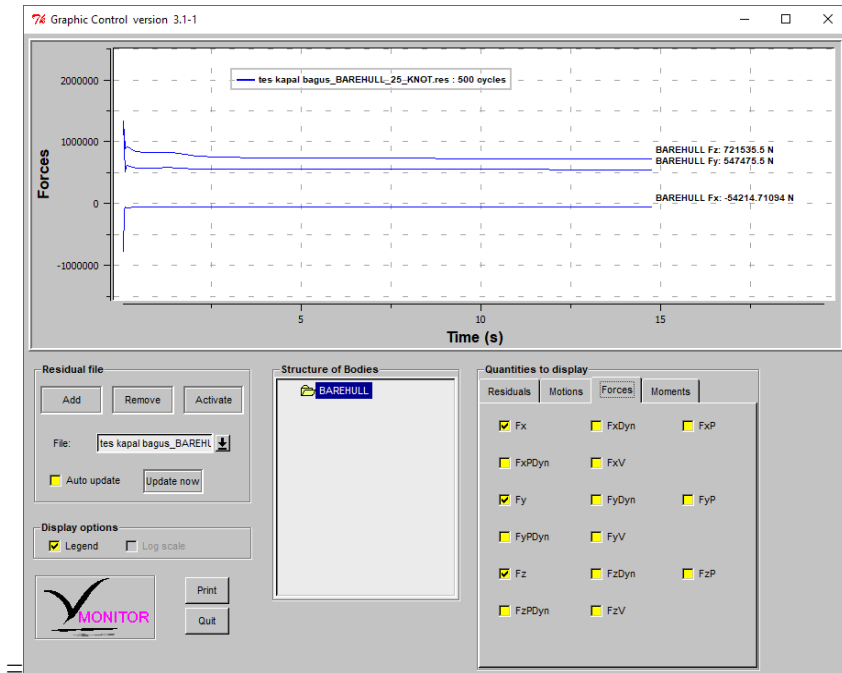


Gambar 3.22 Konfigurasi *Control Variables* dan *Output*

Control Variabel merupakan konfigurasi untuk menentukan perhitungan iterasi dan jumlah *Time step* yaitu periode gerakan kapal yang digunakan. *Output* untuk menentukan variabel hasil yang didapat dari simulasi. Setelah parameter-parameter sudah ditentukan maka simulasi dapat dijalankan dengan mengaktifkan tombol solver running.

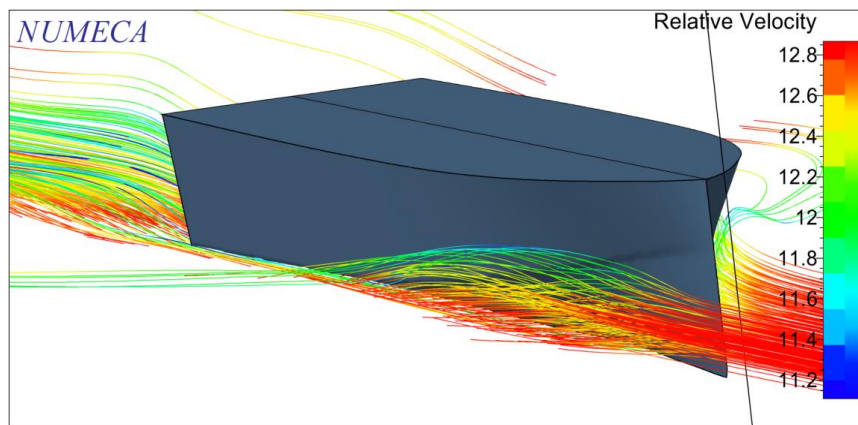
Pengumpulan Data

Proses selanjutnya setelah selesai running simulasi, maka data hasil simulasi dapat diperoleh dengan membaca grafik pada Monitor. Pada penelitian ini, data yang diambil berupa tahanan kapal yaitu merupakan gaya yang terjadi terhadap sumbu x sehingga dalam grafik terbaca sebagai (Fx).



Gambar 3.23 Grafik Gaya Terhadap Waktu pada Monitor

Untuk pembacaan data dan visual dari hasil simulasi CFD menggunakan CF View. Dalam tahapan ini, data yang diambil berupa luasan basah kapal (*Wet Surface Area*), Ketinggian gelombang dan Kecepatan Aliran.



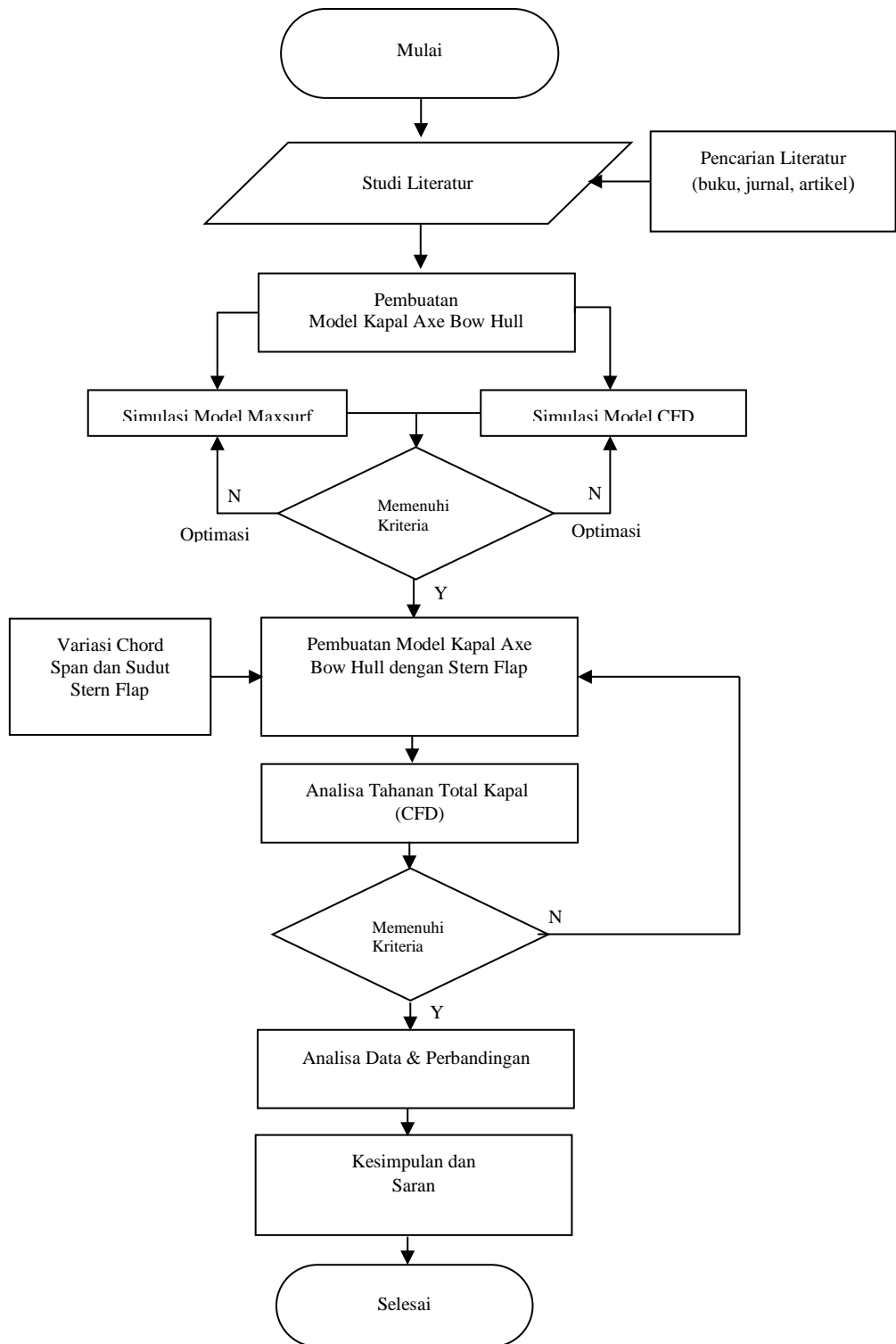
Gambar 3.24 Tampilan Kecepatan Aliran pada Kapal di CF View

3.7. Analisa Data dan Perbandingan

Dengan data-data yang diperoleh dari hasil simulasi, maka akan dilakukan perbandingan terhadap data tahanan kapal untuk menemukan model *stern flap* yang menghasilkan nilai tahanan terendah.

3.8. Kesimpulan dan Saran

Kesimpulan diambil berdasarkan analisa data yang didapat dari tahapan sebelumnya dengan mendapatkan desain *stern flap* yang optimum dalam mengurangi nilai tahanan kapal. Kesimpulan ini juga berisi ringkasan dan poin-poin penting dalam pengerjaan penelitian ini kedepan.



Gambar 3.25 Bagan Metodologi Penelitian

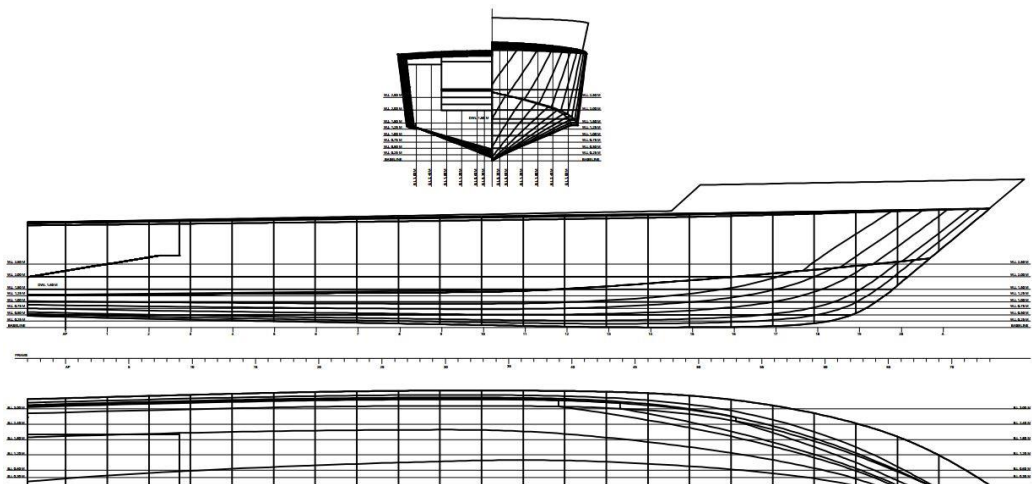
BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini akan dijelaskan langkah-langkah pengerjaan dalam penelitian dan analisa data berupa perancangan model dan simulasi. Ada beberapa tahapan yang perlu dilakukan untuk mendapatkan suatu model sehingga dapat dilanjutkan ke proses running simulasi.

4.1. Pembuatan Model Kapal

Pembuatan model kapal berdasarkan dari rencana garis kapal patroli dengan jenis *planning hull* yang sudah ada. Data kapal patroli adalah sebagai berikut:

- | | | | |
|-------------------|---|-----|---|
| - LOA | : | 38 | m |
| - Breadth Moulded | : | 7.3 | m |
| - Depth Deck | : | 4.2 | m |
| - Draft Designed | : | 1.7 | m |

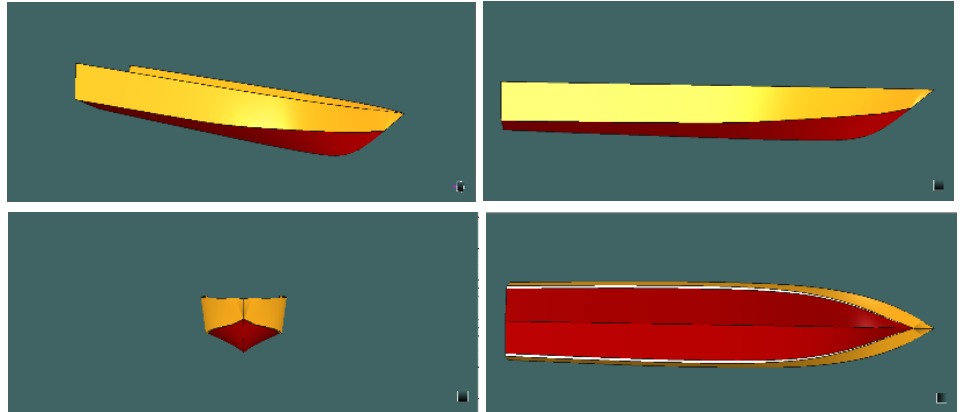


Gambar 4.1 Rencana Garis Kapal Patroli

Dengan mendapatkan rencana garis kapal, maka kapal dapat dibuat dengan bantuan *software* AutoCAD untuk mendapatkan bentuk kapal dengan cara memproyeksikan *body plan*, *sheer plan* dan *half breadth plan*.

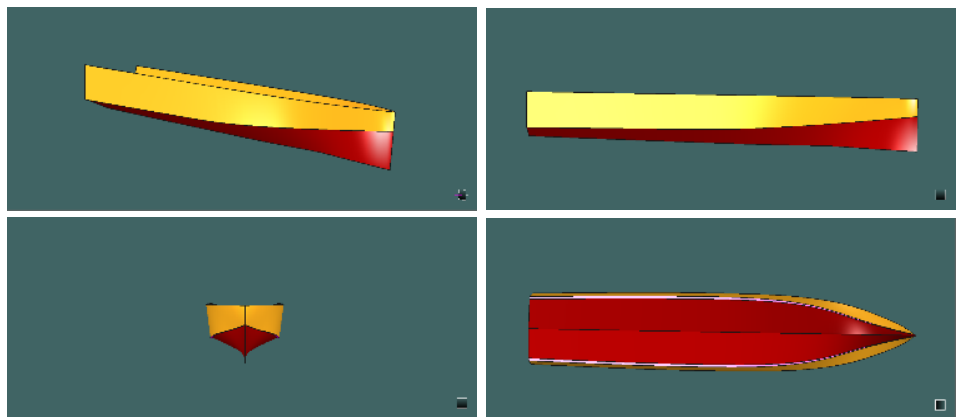
4.1.1 Pembuatan Model Maxsurf

Proses pembuatan model kapal dilakukan berdasarkan rencana garis kapal patroli. Dalam tahapan ini proses pembuatan bentuk model dibuat dengan menggunakan data gambar CAD kapal yang berupa garis dengan pemberian beberapa *surface* sehingga membentuk desain kapal yang diinginkan.



Gambar 4.2 Kapal *Hull Planing Chine*

Dalam tahap pembuatan bentuk model ini, dilakukan modifikasi bentuk haluan pada model sebelumnya menjadi bentuk haluan berjenis *axe bow*. Proses modifikasi berdasarkan pada teori bentuk haluan *axe bow* yaitu bentuk haluan memiliki karakteristik tegak lurus, panjang LWL maksimum dan memiliki baseline yang negatif.



Gambar 4.3 Kapal *Hull Planing Chine Axe Bow*

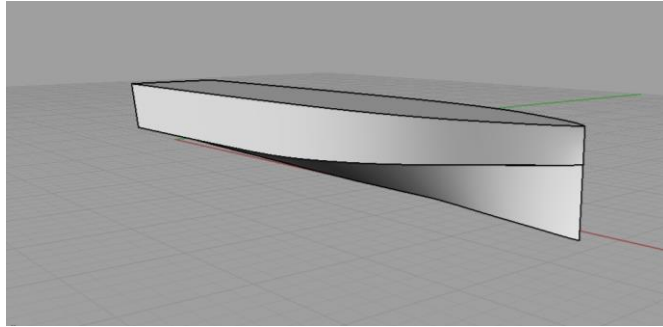
Data model kapal yang didapat dari Maxsurf adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 1 Data Kapal *Hull Planing Chine Axe Bow*

Item	Value	Units
LWL	38	m
Beam	6.845	m
Draft	1.7	m
Displaced volume	179.078	m ³
Wetted area	261.308	m ²
Prismatic coeff. (Cp)	0.734	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.768	
1/2 angle of entrance	10.1	deg.
LCG from midships(+ve for'd)	-3.543	m
Transom area	5.233	m ²
Transom wl beam	6.258	m
Transom draft	1.285	m
Max sectional area	6.421	m ²
Bulb transverse area	0	m ²
Bulb height from keel	0	m
Draft at FP	1.7	m
Deadrise at 50% LWL	23.4	deg.
Hard chine or Round bilge	Hard chine	
Frontal Area	0	m ²
Headwind	0	kn
Drag Coefficient	0	
Air density	0.001	tonne/m ³
Appendage Area	0	m ²
Nominal App. length	0	m
Appendage Factor	1	
Correlation allow.	0.0004	
Kinematic viscosity	1.18830E-06	m ² /s
Water Density	1.026	tonne/m ³

Pembuatan Model Kapal Menjadi Solid

Pada tahapan ini, model badan kapal yang berasal dari *Maxsurf Modeller* diekspor ke program CAD 3D untuk membuat model menjadi *solid*. Model kapal yang dibuat dari beberapa *surface* yang dijadikan sebuah bentuk yang tertutup rapat atau kedap air sehingga menjadi bentuk benda pejal.

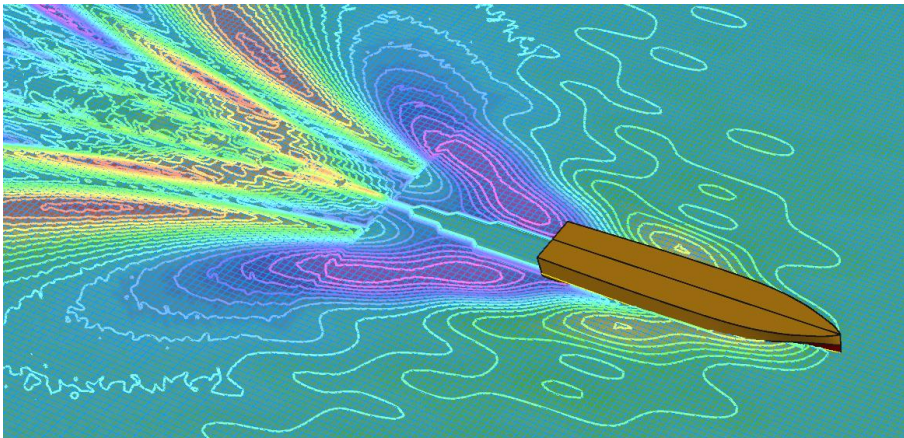


Gambar 4.4 Bentuk Kapal *Solid*

Setelah model kapal menjadi bentuk *solid*, maka selanjutnya model dapat disimpan dalam bentuk format Parasolid (.x_t) agar dapat digunakan di *software* FINE Marine.

4.2 Pengujian Tahanan Kapal Bare Hull

Setelah permodelan geometri selesai pada *Maxsurf Modeler*, model kapal dapat dihitung tahananannya menggunakan *Maxsurf Resistance*. Metode yang digunakan dalam menghitung pada model kapal ini yaitu menggunakan *Savitsky Planing*. Pemilihan metode berdasarkan dari jenis kapal yaitu memiliki bentuk lambung planing dan memiliki *hard chine*.



Gambar 4.5 Simulasi Kapal di *Maxsurf Resistance*

Tabel 4.2 Data Hasil Uji Model Bare Hull di Maxsurf Resistance

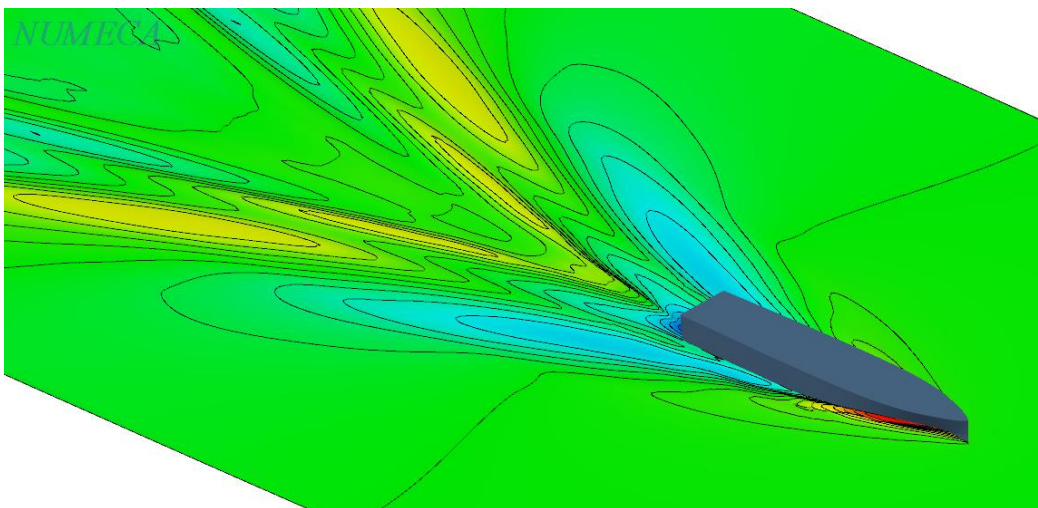
No	Kecepatan (knot)	Froude Number	Savitsky Pre-Planing	Savitsky Planing
1	20	0.5329	82.4	--
2	25	0.66	117.1	--
3	30	0.799	--	155.4

Pada saat kecepatan 30 knot kapal mengalami mode planing, sehingga digunakan metode perhitungan tahanan savitsky planing.

Pengujian juga dilakukan dengan *software* CFD FINE Marine untuk kemudian divalidasikan dengan hasil dari simulasi menggunakan *Maxsurf Resistance*. hasil dari simulasi yang didapat akan dijadikan acuan pada perbandingan tahanan awal kapal *bare hull*.

Tabel 4.3 Data Hasil Uji Model Bare Hull di FINE Marine

No	Kecepatan (Knot)	Froude Number	Tahanan (kN)
1	20	0.5329	75.57
2	25	0.66	108.43
3	30	0.799	138.36



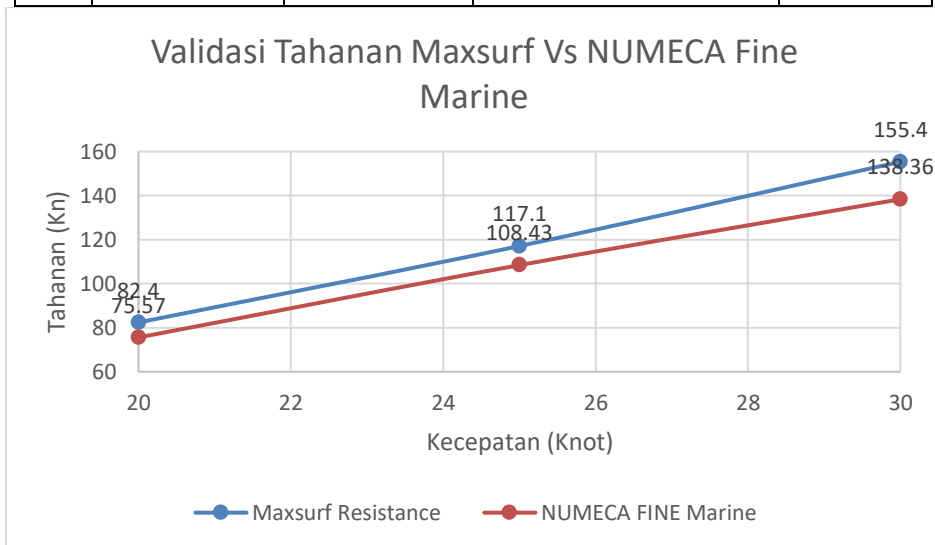
Gambar 4.6 Simulasi Kapal di NUMECA FINE Marine

Validasi Nilai Tahanan

Setelah mendapatkan hasil nilai tahanan kapal dari simulasi menggunakan kedua software yaitu *Maxsurf Resistance* dan NUMECA Fine Marine. Dilakukanlah validasi nilai tahanan yang diberi batasan yaitu tidak memiliki selisih $> 15\%$ antara hasil dari kedua simulasi tersebut.

Tabel 4.4 Data Kapal *Hull Planing Chine Axe Bow*

No	Kecepatan (Knot)	Maxsurf (kN)	Numeca Fine Marine (kN)	Selisih
1	20	82.4	75.57	8%
2	25	117.1	108.43	7%
3	30	155.4	138.36	11%



Gambar 4.7 Grafik Validasi Perbandingan Tahanan Maxsurf Vs Fine Marine

Hasil dari data validasi menunjukkan bahwa selisih perbandingan nilai tahanan kapal antara metode menggunakan *Maxsurf Resistance*, dengan pendekatan menggunakan CFD FINE Marine secara keseluruhan $< 15\%$ sehingga dapat dikatakan validasi memenuhi kriteria.

4.3 Penambahan Variasi Stern Flap

Parameter yang digunakan dalam mendesain *stern flap* ini dengan variasi panjang *chord* 1 % LPP; 1.5 % LPP; 2 % LPP; 2.5 % LPP dan lebar *span* sebesar 50% B_T & 100% B_T (*Breadth Transom*). Sudut dari *stern flap* yang didesain menggunakan sudut 0° . Sehingga menghasilkan 8 variasi *stern flap* sebagai berikut.

Tabel 4.5 Variasi Desain *Stern Flap*

No	Model	Lebar Span (*% BT)	Lebar Span (m)	Panjang Chord (1-2.5%LPP)	Panjang Chord (m)	Sudut
1	Stern Flap Model 1	100%	5.65100	1.0%	0.380	0°
2	Stern Flap Model 2	50%	2.82550	1.0%	0.380	0°
3	Stern Flap Model 3	100%	5.65100	1.5%	0.570	0°
4	Stern Flap Model 4	50%	2.82550	1.5%	0.570	0°
5	Stern Flap Model 5	100%	5.65100	2.0%	0.760	0°
6	Stern Flap Model 6	50%	2.82550	2.0%	0.760	0°
7	Stern Flap Model 7	100%	5.65100	2.5%	0.950	0°
8	Stern Flap Model 8	50%	2.82550	2.5%	0.950	0°

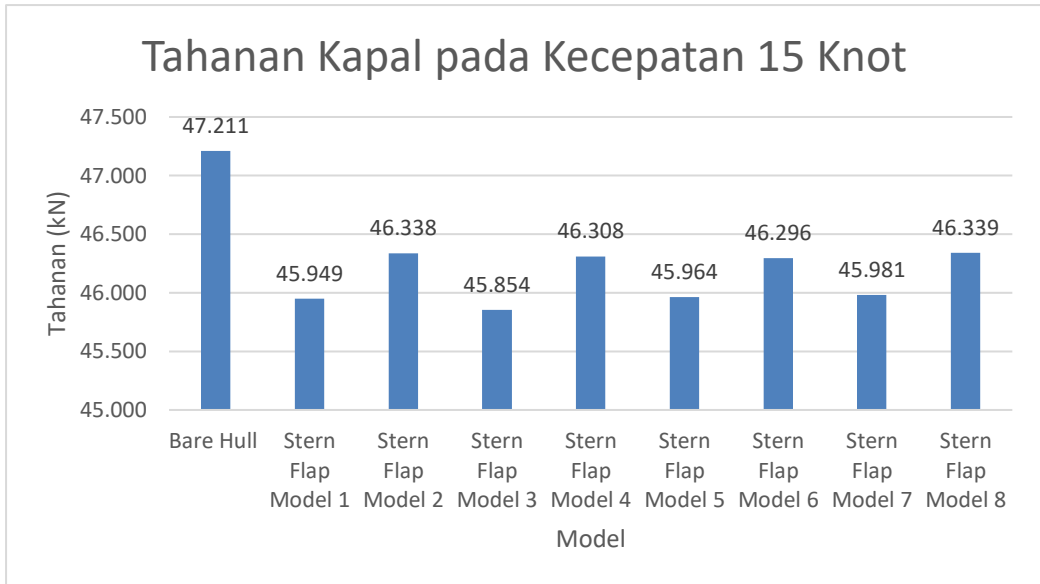
4.4 Analisa Hasil Simulasi

Hasil Simulasi pada Kecepatan 15 Knot ($F_n = 0.4$)

Tabel 4.6 Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 15 Knot

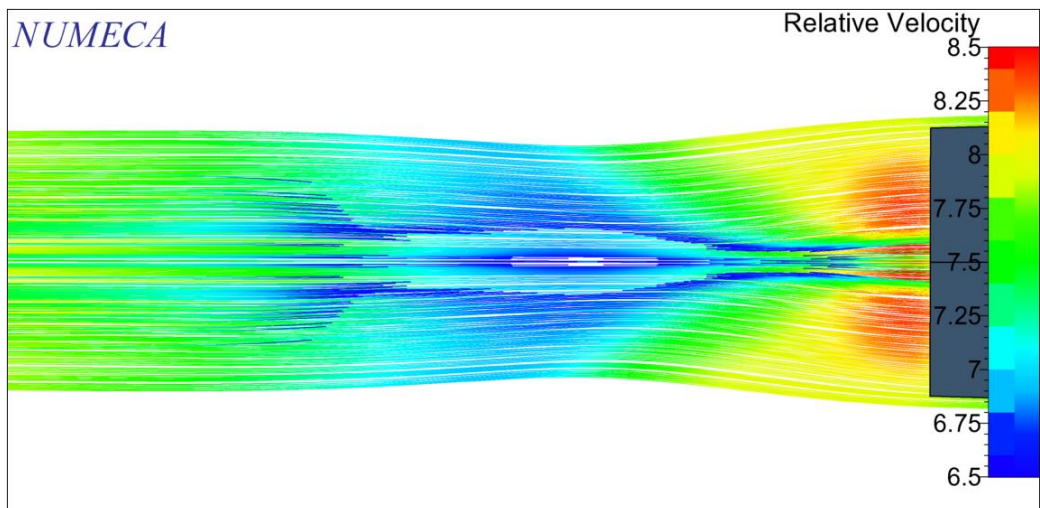
No	Model	Luas Permukaan Basah (m ²)	Tahanan (kN)
1	Bare Hull	237.775	47.211
2	Stern Flap Model 1	240.844	45.949
3	Stern Flap Model 2	239.347	46.338
4	Stern Flap Model 3	241.456	45.854
5	Stern Flap Model 4	240.038	46.308
6	Stern Flap Model 5	243.609	45.964
7	Stern Flap Model 6	240.646	46.296
8	Stern Flap Model 7	241.291	45.981
9	Stern Flap Model 8	241.772	46.339

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai luas permukaan basah dan tahanan yang dihasilkan dari masing-masing model pada simulasi dengan kecepatan 15 knot sehingga dapat dihasilkan grafik berikut.

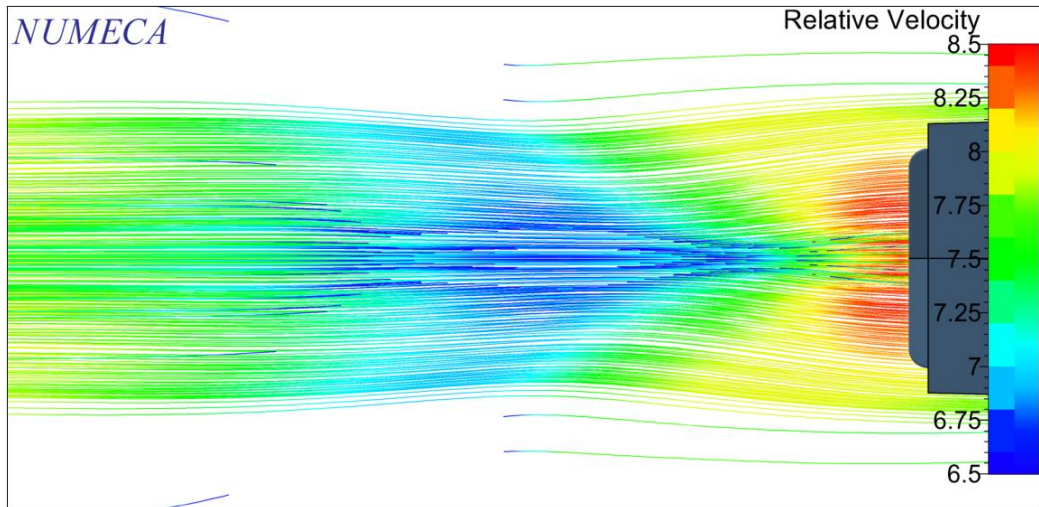


Gambar 4.8 Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 15 Knot

Dari data diatas dapat diketahui bahwa nilai tahanan yang dihasilkan oleh model kapal *Bare Hull* adalah 47.211 kN sedangkan nilai tahanan terkecil dihasilkan oleh variasi *Stern Flap* Model 3 yaitu dengan nilai tahanan sebesar 45.854 kN.

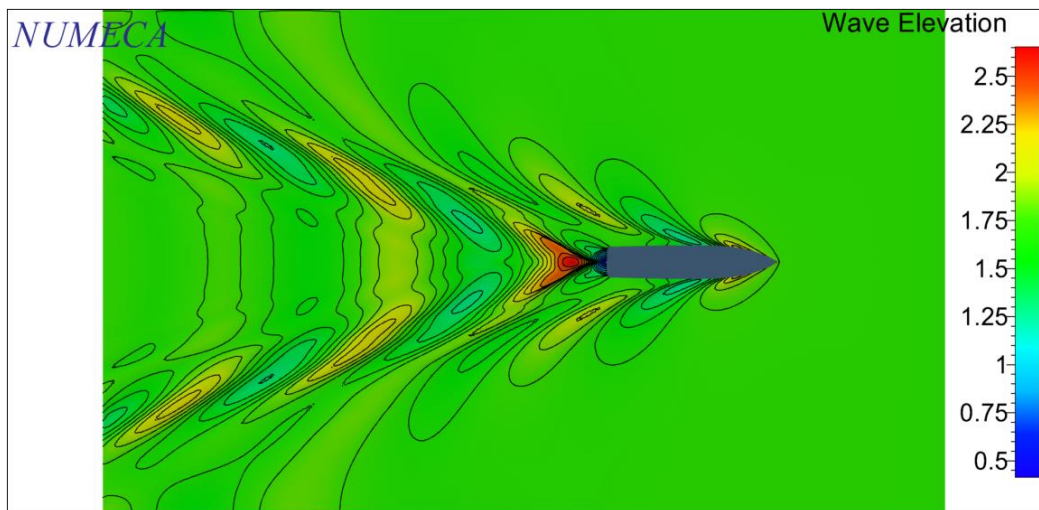


Gambar 4.9 Kecepatan Aliran Model *Bare Hull* pada Kecepatan 15 Knot



Gambar 4.10 Kecepatan Aliran *Stern Flap* Model 3 pada Kecepatan 15 Knot

Dari perbandingan kedua gambar diatas mengenai kecepatan aliran air yang dihasilkan pada simulasi dengan kecepatan 15 knot memiliki perbedaan. Pada kapal dengan *Stern flap* model 3 aliran air mendapatkan percepatan setelah keluar melewati stern flap daripada model kapal *bare hull*, dengan adanya peningkatan kecepatan ini akan mengurangi aliran perpisahan. Aliran pada model *stern flap* juga memiliki kontur yang tidak menyempit daripada model kapal *bare hull*.



Gambar 4.11 Ketinggian Gelombang Kapal dengan *Stern Flap* Model 3 pada Kecepatan 15 Knot

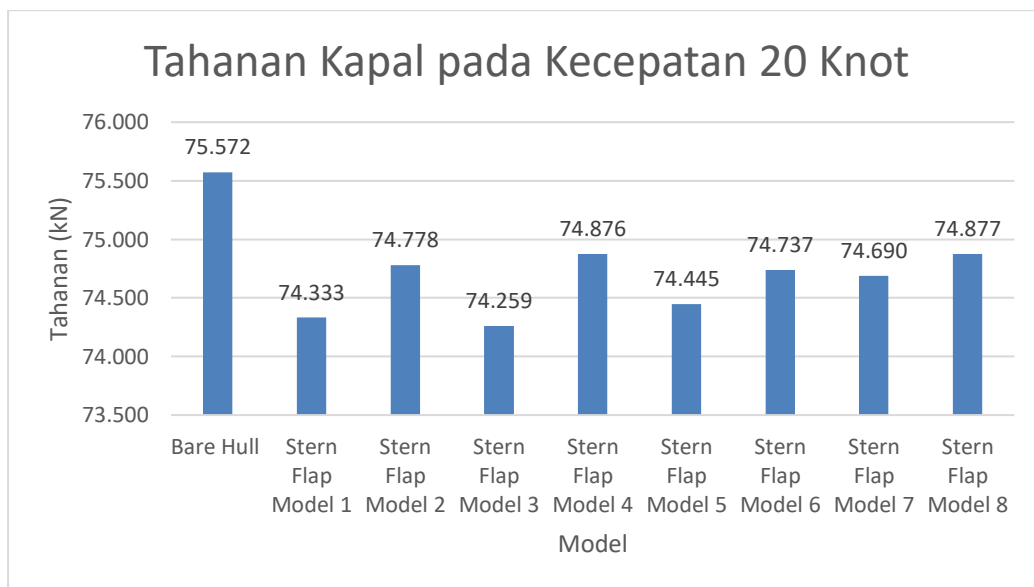
Gambar diatas mengilustrasikan sistem gelombang yang dihasilkan dari Kapal dengan *Stern flap* model 3 pada kecepatan 15 knot. dapat dilihat bahwa dengan penambahan *stern flap* terjadi pengurangan tinggi gelombang pada daerah buritan.

Hasil Simulasi pada Kecepatan 20 Knot ($F_n = 0.5329$)

Tabel 4.7 Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 20 Knot

No	Model	Luas Permukaan Basah (m ²)	Tahanan (kN)
1	Bare Hull	254.464	75.572
2	Stern Flap Model 1	257.860	74.333
3	Stern Flap Model 2	256.698	74.778
4	Stern Flap Model 3	259.014	74.259
5	Stern Flap Model 4	256.781	74.876
6	Stern Flap Model 5	260.321	74.445
7	Stern Flap Model 6	257.691	74.737
8	Stern Flap Model 7	257.879	74.690
9	Stern Flap Model 8	258.136	74.877

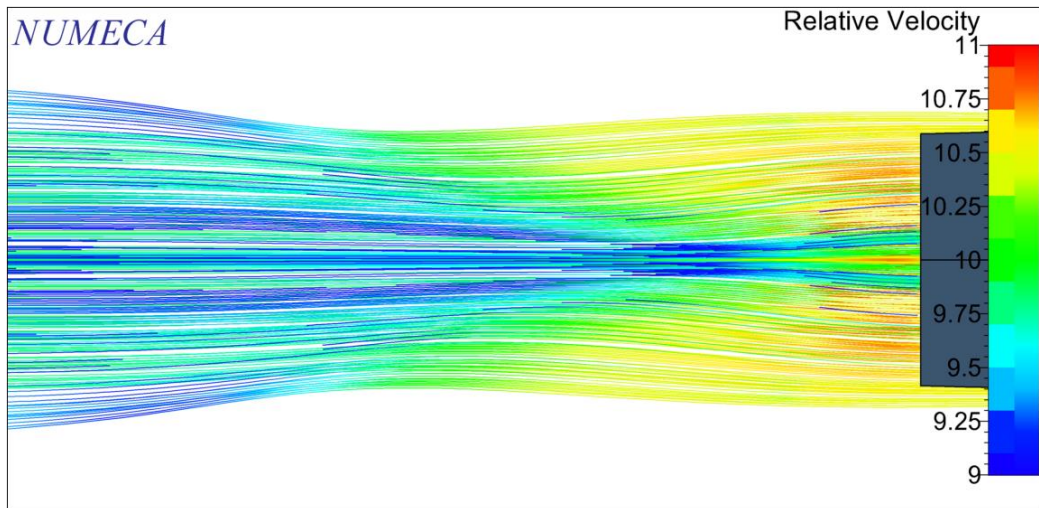
Dari tabel diatas dapat diketahui nilai luas permukaan basah dan tahanan yang dihasilkan dari masing-masing model pada simulasi dengan kecepatan 20 knot sehingga dapat dihasilkan grafik berikut.



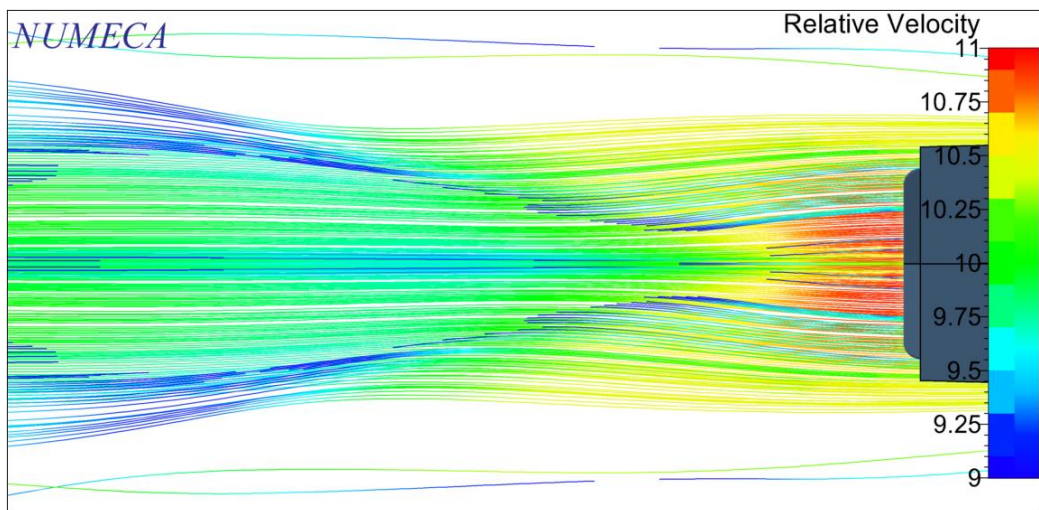
Gambar 4.12 Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 20 Knot

Dari data diatas dapat diketahui bahwa nilai tahanan yang dihasilkan oleh model kapal *Bare Hull* adalah 75.572 kN sedangkan nilai tahanan terkecil

dihasilkan oleh variasi *Stern Flap* Model 3 yaitu dengan nilai tahanan sebesar 74.259 kN.

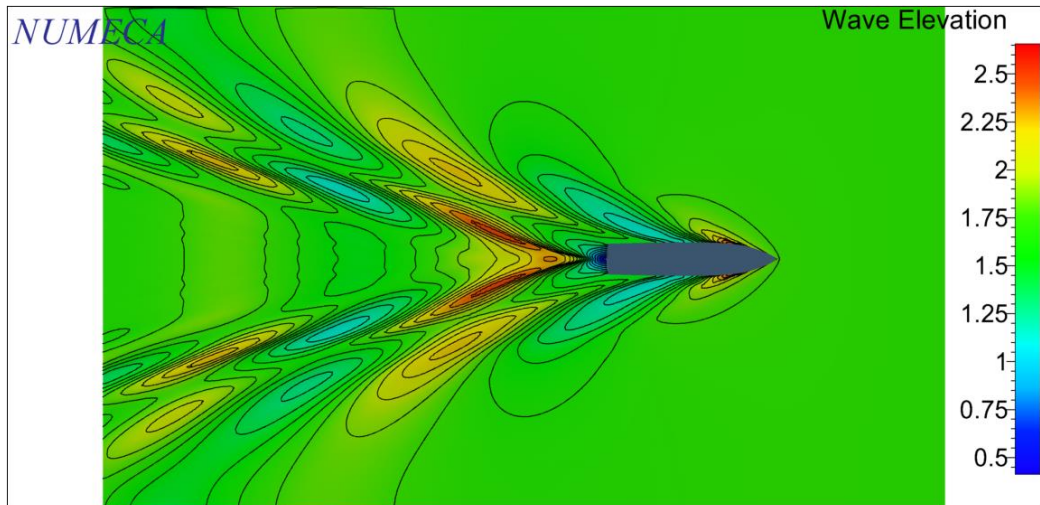


Gambar 4.13 Kecepatan Aliran Model *Bare Hull* pada Kecepatan 20 Knot



Gambar 4.14 Kecepatan Aliran *Stern Flap* Model 3 pada Kecepatan 20 Knot

Dari perbandingan kedua gambar diatas mengenai kecepatan aliran air yang dihasilkan pada simulasi dengan kecepatan 20 knot memiliki perbedaan. Pada kapal dengan *Stern flap* model 3 aliran air mendapatkan percepatan yang signifikan setelah keluar melewati *stern flap* daripada model kapal *bare hull* Pada gambar 4.14 kecepatan aliran pada daerah belakang transom mengalami kenaikan dari sebelumnya berkisar 9 m/s menjadi berada di kisaran 10 m/s. Aliran yang dibuat pada kapal dengan *Stern flap* model 3 juga memiliki kontur yang lebih lebar daripada model kapal *bare hull*.



Gambar 4.15 Ketinggian Gelombang Kapal dengan *Stern Flap* Model 3 pada Kecepatan 20 Knot

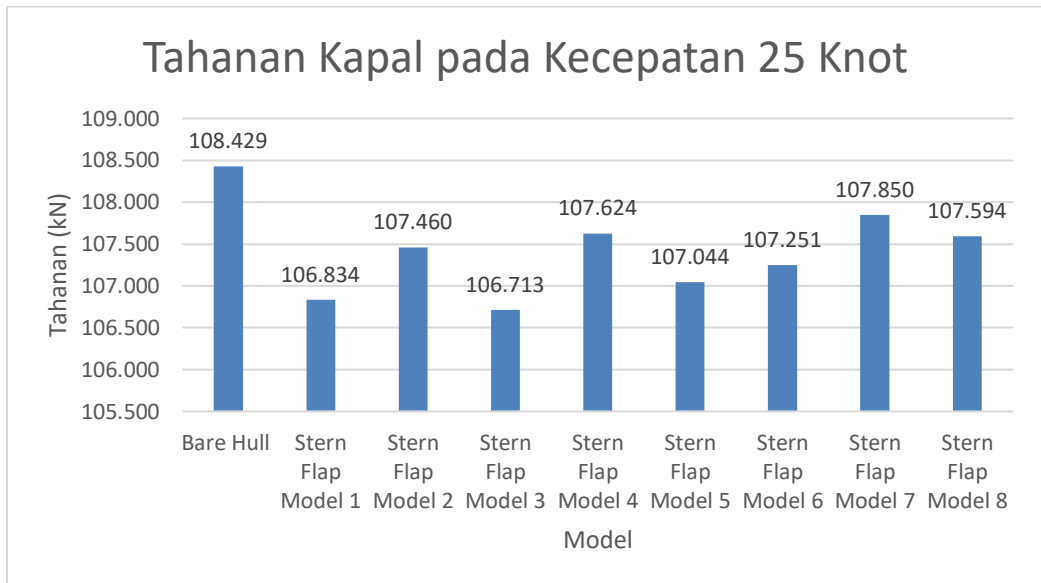
Gambar diatas mengilustrasikan sistem gelombang yang dihasilkan dari Kapal dengan *Stern flap* model 3 pada kecepatan 20 knot. dapat dilihat bahwa dengan penambahan *stern flap* terjadi pengurangan tinggi gelombang pada daerah buritan.

Hasil Simulasi pada Kecepatan 25 Knot ($F_n = 0.66$)

Tabel 4.8 Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 25 Knot

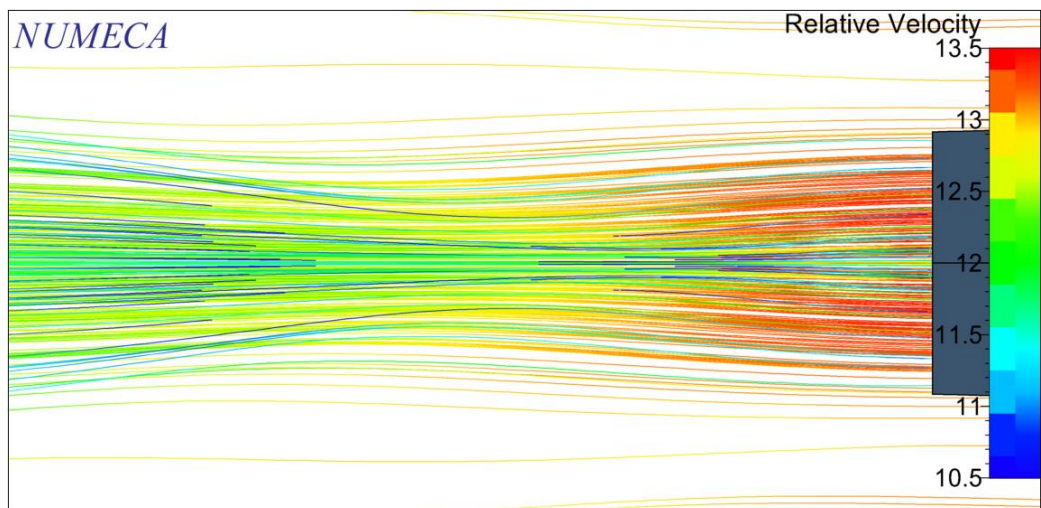
No	Model	Luas Permukaan Basah (m ²)	Tahanan (kN)
1	Bare Hull	270.778	108.429
2	Stern Flap Model 1	273.028	106.834
3	Stern Flap Model 2	272.076	107.460
4	Stern Flap Model 3	273.768	106.713
5	Stern Flap Model 4	272.370	107.624
6	Stern Flap Model 5	275.021	107.044
7	Stern Flap Model 6	272.732	107.251
8	Stern Flap Model 7	276.346	107.850
9	Stern Flap Model 8	273.266	107.594

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai luas permukaan basah dan tahanan yang dihasilkan dari masing-masing model pada simulasi dengan kecepatan 25 knot sehingga dapat dihasilkan grafik berikut.

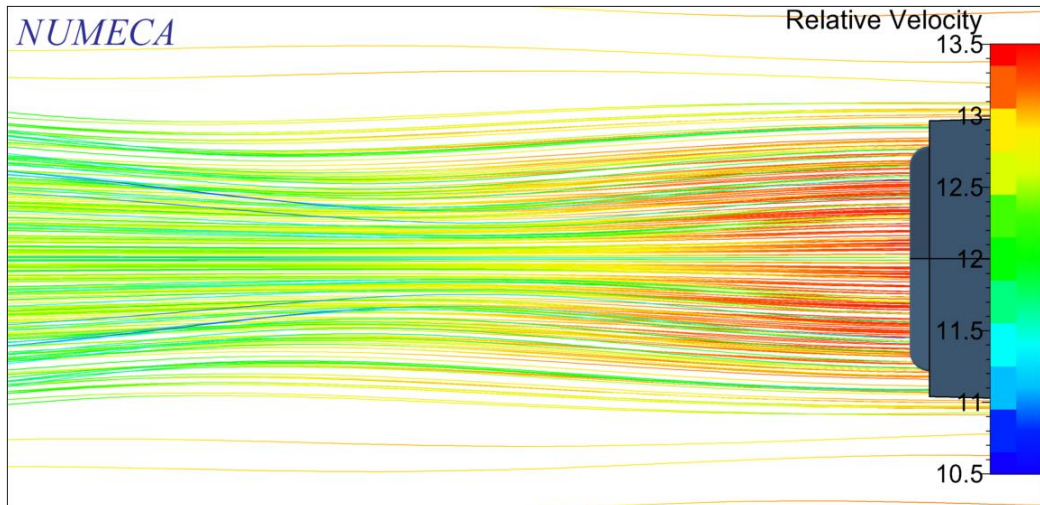


Gambar 4.16 Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 25 Knot

Dari data diatas dapat diketahui bahwa nilai tahanan yang dihasilkan oleh model kapal *Bare Hull* adalah 108.429 kN sedangkan nilai tahanan terkecil dihasilkan oleh variasi *Stern Flap* Model 3 yaitu dengan nilai tahanan sebesar 106.713 kN.

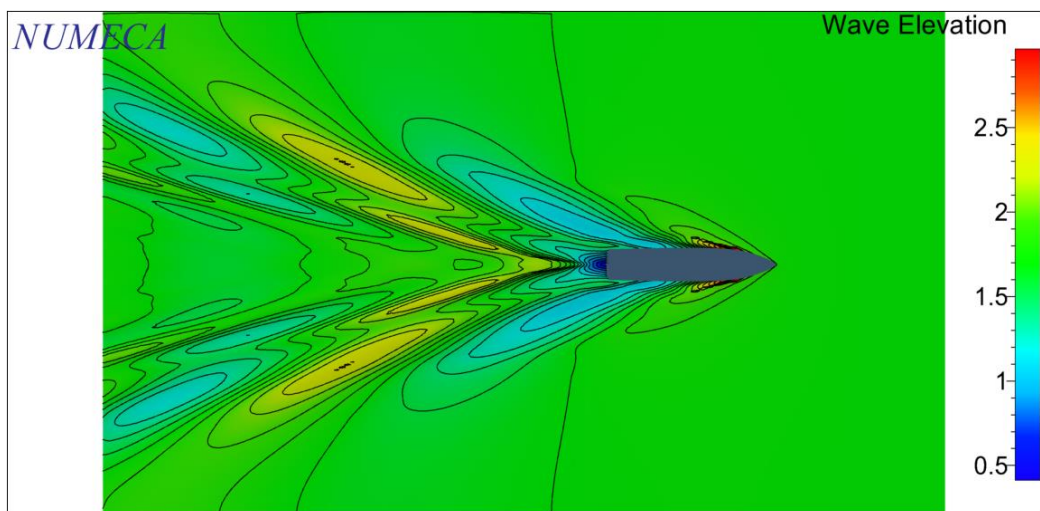


Gambar 4.17 Kecepatan Aliran Model *Bare Hull* pada Kecepatan 25 Knot



Gambar 4.18 Kecepatan Aliran *Stern Flap* Model 3 pada Kecepatan 25 Knot

Dari kedua gambar diatas dapat diketahui perbedaan perubahan kecepatan aliran air pada bagian buritan. Pada kapal dengan *Stern flap* model 3 kontur aliran terlihat lebih lebar dibandingkan dengan model kapal *bare hull*. Kecepatan aliran pada bagian belakang transom pada kapal dengan *stern flap* model 3 mengalami kenaikan kecepatan dibandingkan dengan model kapal *bare hull*.



Gambar 4.19 Ketinggian Gelombang Kapal dengan *Stern Flap* Model 3 pada Kecepatan 25 Knot

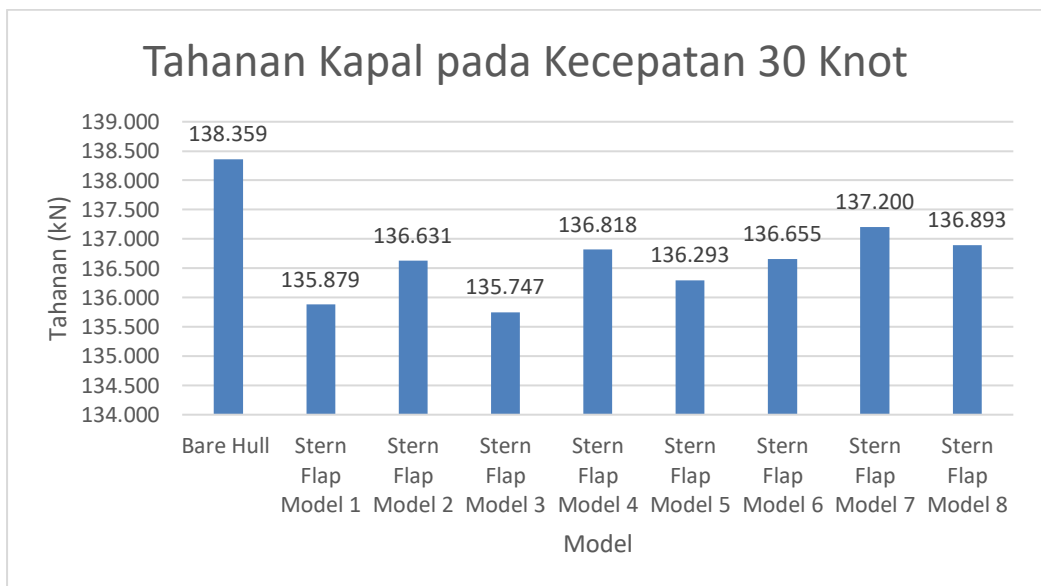
Gambar diatas mengilustrasikan sistem gelombang yang dihasilkan dari Kapal dengan *Stern flap* model 3 pada kecepatan 25 knot. dapat dilihat bahwa dengan penambahan stern terjadi pengurangan tinggi gelombang pada daerah buritan.

Hasil Simulasi pada Kecepatan 30 Knot ($F_n = 0.8$)

Tabel 4.9 Data Tahanan Kapal pada Kecepatan 30 Knot

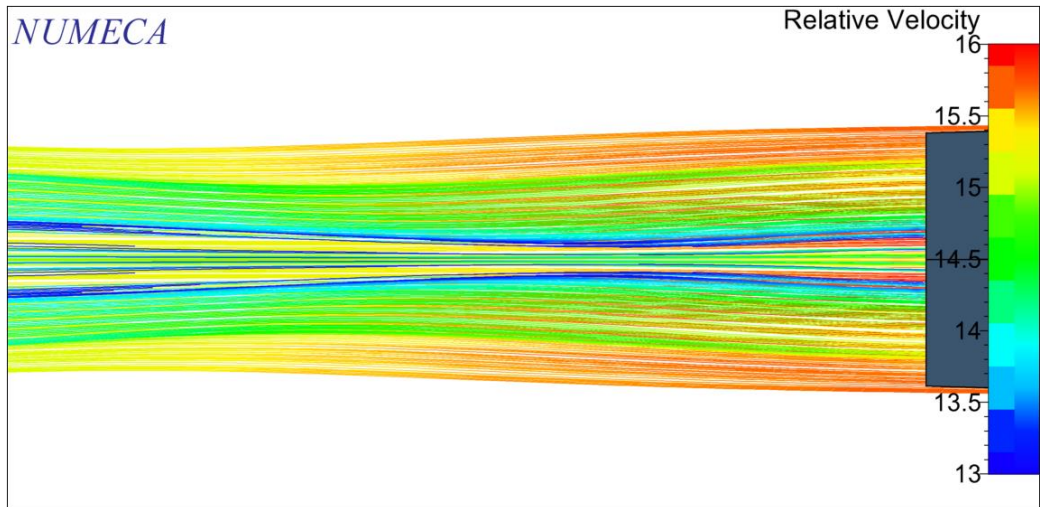
No	Model	Luas Permukaan Basah (m ²)	Tahanan (kN)
1	Bare Hull	283.579	138.359
2	Stern Flap Model 1	285.825	135.879
3	Stern Flap Model 2	284.726	136.631
4	Stern Flap Model 3	286.386	135.747
5	Stern Flap Model 4	284.800	136.818
6	Stern Flap Model 5	287.789	136.293
7	Stern Flap Model 6	285.595	136.655
8	Stern Flap Model 7	288.927	137.200
9	Stern Flap Model 8	285.948	136.893

Dari tabel diatas dapat diketahui nilai luas permukaan basah dan tahanan yang dihasilkan dari masing-masing model pada simulasi dengan kecepatan 30 knot sehingga dapat dihasilkan grafik berikut.

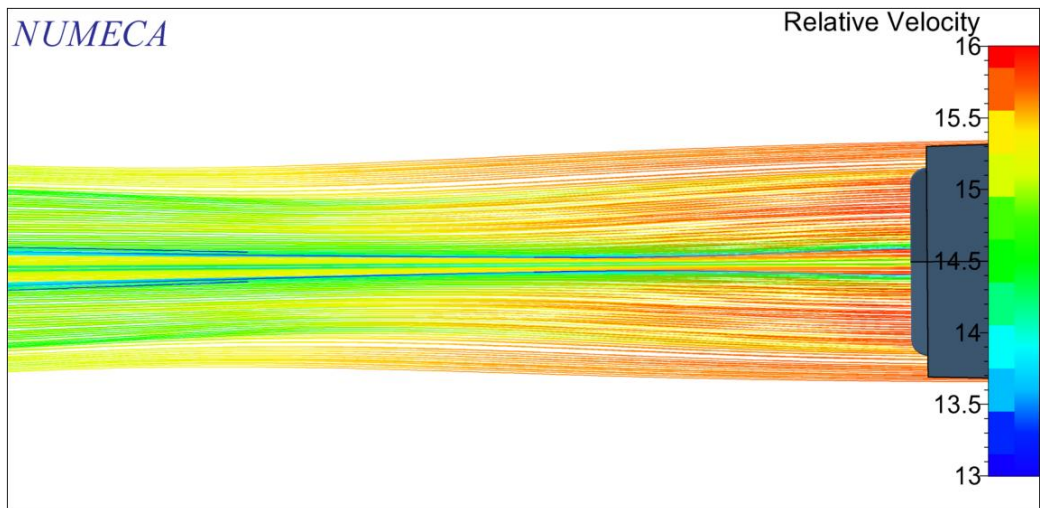


Gambar 4.20 Grafik Tahanan Kapal pada Kecepatan 30 Knot

Dari data diatas dapat diketahui bahwa nilai tahanan yang dihasilkan oleh model kapal *Bare Hull* adalah 138.359 kN sedangkan nilai tahanan terkecil dihasilkan oleh variasi *Stern Flap Model 3* yaitu dengan nilai tahanan sebesar 135.747 kN.

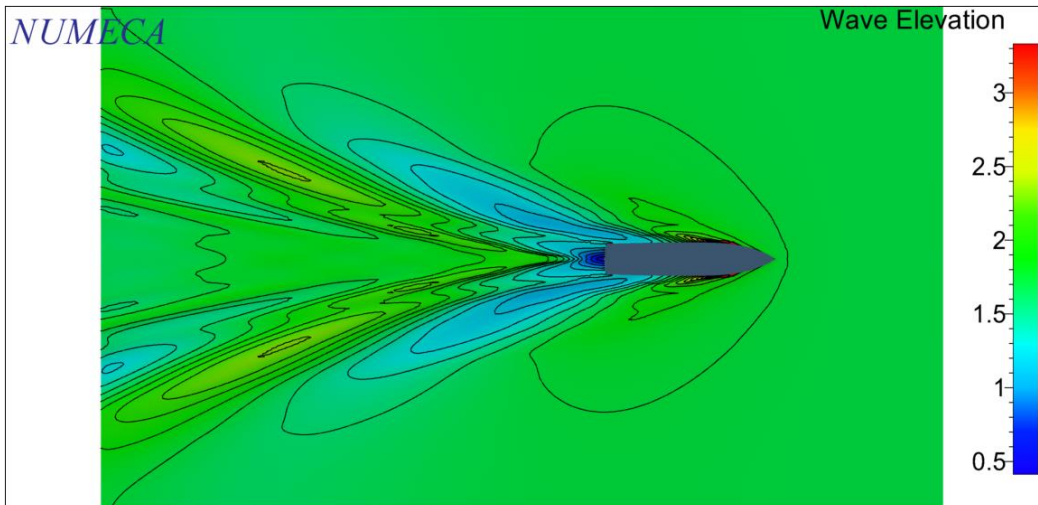


Gambar 4.21 Kecepatan Aliran Model *Bare Hull* pada Kecepatan 30 Knot



Gambar 4.22 Kecepatan Aliran *Stern Flap* Model 3 pada Kecepatan 30 Knot

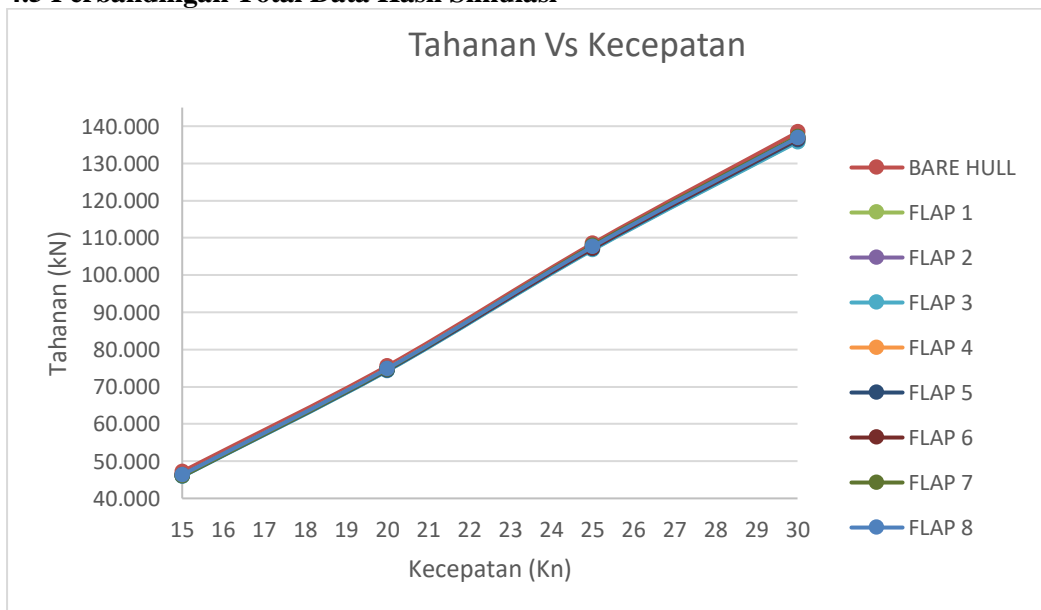
Dari kedua gambar diatas menunjukkan kecepatan aliran air saat melewati bagian *transom*. Pada kapal dengan *Stern Flap* Model 3 aliran air mengalami kenaikan kecepatan yang signifikan dibandingkan dengan model Kapal *Bare hull* yang cenderung memiliki kecepatan aliran yang lebih rendah.



Gambar 4.23 Ketinggian Gelombang Kapal dengan Stern Flap Model 3 pada Kecepatan 30 Knot

Gambar diatas mengilustrasikan sistem gelombang yang dihasilkan dari Kapal dengan *Stern flap* model 3 pada kecepatan 30 knot. dapat dilihat bahwa dengan penambahan stern terjadi pengurangan tinggi gelombang pada daerah buritan.

4.5 Perbandingan Total Data Hasil Simulasi



Gambar 4.24 Grafik Perbandingan Tahanan Vs Kecepatan tiap Model

Grafik diatas menunjukkan hasil nilai tahanan dari masing-masing model terhadap kecepatan. Masing-masing model memiliki nilai tahanannya masing-

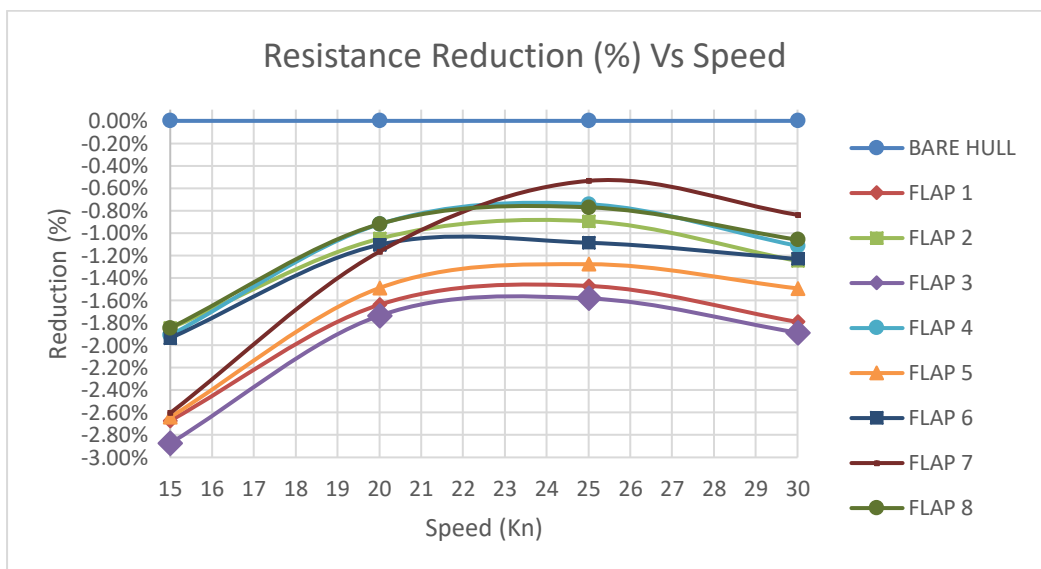
masing, agar lebih jelas dalam melihat performa dari masing-masing model variasi *stern flap* dilakukan pengurangan nilai tahanan dari model kapal *bare hull* terhadap masing-masing model variasi *stern flap* sebagai berikut.

Tabel 4.10 Data Pengurangan Nilai Tahanan dari tiap-tiap Model

Model	Kecepatan (Knot)	Pengurangan Tahanan (kN)	%
Bare Hull	15	0.000	0.00%
	20	0.000	0.00%
	25	0.000	0.00%
	30	0.000	0.00%
Stern Flap Model 1	15	1.262	-2.87%
	20	1.239	-1.64%
	25	1.596	-1.47%
	30	2.480	-1.79%
Stern Flap Model 2	15	0.873	-1.85%
	20	0.794	-1.05%
	25	0.970	-0.89%
	30	1.728	-1.25%
Stern Flap Model 3	15	1.357	-2.87%
	20	1.313	-1.74%
	25	1.716	-1.58%
	30	2.612	-1.89%
Stern Flap Model 4	15	0.902	-1.91%
	20	0.696	-0.92%
	25	0.806	-0.74%
	30	1.541	-1.11%
Stern Flap Model 5	15	1.247	-2.64%
	20	1.126	-1.49%
	25	1.386	-1.28%
	30	2.066	-1.49%
Stern Flap Model 6	15	0.914	-1.94%
	20	0.835	-1.10%

	25	1.178	-1.09%
	30	1.704	-1.23%
Stern Flap Model 7	15	1.230	-2.60%
	20	0.881	-1.17%
	25	0.580	-0.53%
	30	1.159	-0.84%
Stern Flap Model 8	15	0.872	-1.85%
	20	0.695	-0.92%
	25	0.836	-0.77%
	30	1.466	-1.06%

Data tabel diatas merupakan selisih nilai tahanan dari masing-masing model *stern flap* terhadap model kapal *bare hull* sehingga dapat diketahui performa dari masing-masing variasi model *stern flap*.



Gambar 4.25 Grafik Perbandingan Persentase Pengurangan Tahanan Total masing-masing Model

Dari grafik diatas menunjukkan perbandingan persentase pengurangan tahanan yang dihasilkan dari masing-masing model *stern flap*.

Stern flap model 3 menghasilkan nilai tahanan terkecil pada tiap variasi kecepatan. Pengurangan tahanan yang dihasilkan dengan penambahan *Stern flap* model 3 ini yaitu sebesar 1.357 kN pada kecepatan 15 Knot; 1.313 kN pada

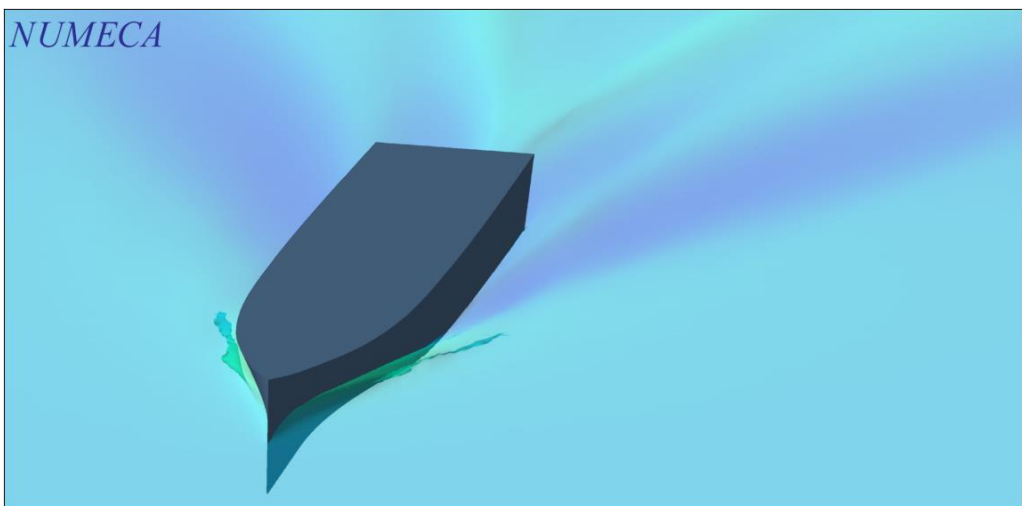
kecepatan 20 Knot; 1.716 kN pada kecepatan 25 Knot; 2.612 kN pada kecepatan 30 Knot. Sehingga dapat dikatakan bahwa *Stern flap* model 3 merupakan model *flap* yang optimum pada kapal hull *planning chine axe bow* ini.

Tabel 4.11 Perbandingan Tahanan dengan *Flap* Optimum

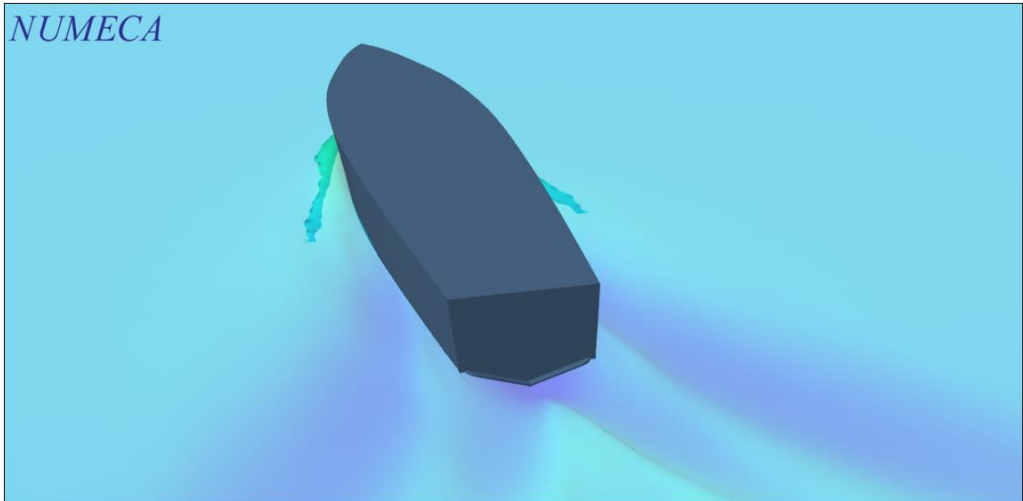
Kecepatan (Kn)	Tahanan Kapal (kN)		Efek Flap (%) pada Pengurangan Tahanan
	Bare Hull	Optimum Flap	
15	47.211	45.854	2.87%
20	75.572	74.259	1.74%
25	108.429	106.713	1.58%
30	138.359	135.747	1.89%

Tabel 4.12 Dimensi *Stern Flap* Model 3

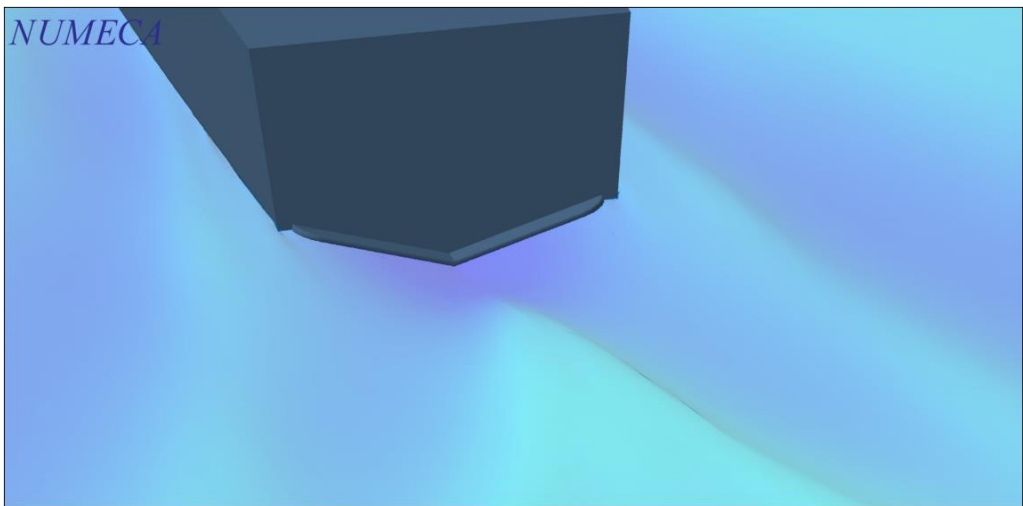
Stern Flap Model 3		
Chord	1.5% LPP	0.57 m
Span	100% BT	5.651 m
Sudut		0°
Pengurangan Tahanan Maksimum		2.87%



Gambar 4.26 Kapal dengan *Stern Flap* Model 3 (1)



Gambar 4.27 Kapal dengan Stern Flap Model 3 (2)



Gambar 4.28 Tampak Belakang Kapal dengan Stern Flap Model 3

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil simulasi, analisa data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Adanya pengaruh terhadap tahanan kapal dengan penambahan *stern flap*. terbukti dengan pengurangan nilai tahanan kapal hingga 2.87% pada kecepatan 15 Knot yaitu dari 47.211 kN (Model Kapal *Bare Hull*) menjadi 45.854 kN (*Stern Flap* Model 3).
2. Pengurangan nilai tahanan terbesar terjadi pada *Stern Flap* Model 3 yang memiliki dimensi ukuran panjang *Chord* 1.5% LPP (0.57 m), lebar *Span* 100% B_T (5.651 m) dan Sudut kemiringan 0° .
3. Dari hasil simulasi membuktikan bahwa *stern flap* membuat perubahan aliran air disekitar buritan dengan meningkatkan kecepatan aliran keluar pada trailing edge dibandingkan dengan kapal tanpa *stern flap*.

5.2. Saran

Adapun penelitian ini tidak lepas dari kesalahan-kesalahan, oleh karena itu berikut saran untuk penelitian ini:

1. *Stern Flap* yang di desain dalam penelitian ini mengikuti bentuk lambung kapal (v hull) sehingga bentuk *stern flap* nya tidak benar-benar datar. Untuk mendapatkan efek *stern flap* yang lebih optimal sebaiknya mendesain *stern flap* yang sedatar mungkin.
2. Perlu dilakukanya penelitian lebih lanjut mengenai pangaruh terhadap gaya angkat yang dihasilkan dan perubahan *trim* pada kapal.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Savitsky, "Hydrodynamic Design of Planing Hulls," *MARINE TECHNOLOGY*, vol. 1, no. 71-95, p. 1, 1964.
- [2] S. T. Alexander Keuning and J. Pinkster, "The Effect of Bowshape on the Seakeeping Performance of a Fast Monohull," 2005.
- [3] G. Karafiath, D. Cusanelli and C. W. Lin, "Stern Wedges and Stern Flaps for Improved Powering - U.S. Navy Experience," *SNAME Transactions Vol. 107*, pp. 67-99, 1999.
- [4] Harvald, ""Resistance and Propulsion of Ship" (Translate Tahanan dan Propulsi Kapal)," 1983.
- [5] nanotech.co.id, "Mengenai COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)," 25 1 2017. [Online]. Available: <http://nanotech.co.id/mengenai-computational-fluid-dynamics-cfd/>. [Accessed 28 9 2017].
- [6] Keuning, J. Pinkster and F. v. Walree, "Further Investigation into the Hydrodynamic Performance of the AXE Bow Concept," 2011.
- [7] O. Yaakob, S. Shamsuddin and K. K. King, "Stern Flap for Resistance Reduction of Planing Hull Craft: A Case Study With a Fast Crew Boat Model," *Jurnal Teknologi*, 2004.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN

Simulasi 15 Knot (7.7167 m/s) $F_n = 0.4$ Time Step = 500

No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m2)	Wet surface area (m2) Repetition	Fx (N)	Fx (N) Repetition	Difference	%	Fz (N)	Fz (N) Repetition	Difference	%	Ct
1	Bare Hull	1792354	118.887	237.775	23605.250	47210.500	0.000	0.00%	757702.875	1515405.750	0.000	0.00%	0.006506
2	Stern Flap Model 1	1860028	120.422	240.844	22974.279	45948.559	1261.941	2.67%	765311.875	1530623.750	-15218.000	-1.00%	0.006251
3	Stern Flap Model 2	1885177	119.673	239.347	23168.830	46337.660	872.840	1.85%	761548.125	1523096.250	-7690.500	-0.51%	0.006344
4	Stern Flap Model 3	1840317	120.728	241.456	22926.811	45853.621	1356.879	2.87%	768273.875	1536547.750	-21142.000	-1.40%	0.006223
5	Stern Flap Model 4	1821607	120.019	240.038	23154.240	46308.480	902.020	1.91%	763869.125	1527738.250	-12332.500	-0.81%	0.006322
6	Stern Flap Model 5	1887596	121.804	243.609	22981.910	45963.820	1246.680	2.64%	775075.000	1550150.000	-34744.250	-2.29%	0.006183
7	Stern Flap Model 6	1929694	120.323	240.646	23148.150	46296.301	914.199	1.94%	767135.625	1534271.250	-18865.500	-1.24%	0.006304
8	Stern Flap Model 7	2090310	120.646	241.291	22990.439	45980.879	1229.621	2.60%	780282.500	1560565.000	-45159.250	-2.98%	0.006244
9	Stern Flap Model 8	1879041	120.886	241.772	23169.461	46338.922	871.578	1.85%	769440.125	1538880.250	-23474.500	-1.55%	0.006280

Simulasi 20 Knot (10.2889 m/s) $F_n = 0.5329$ Time Step = 500

No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m2)	Wet surface area (m2) Repetition	Fx (N)	Fx (N) Repetition	Difference	%	Fz (N)	Fz (N) Repetition	Difference	%	Ct
1	Bare Hull	1792354	127.232	254.464	37785.789	75571.578	0.000	0.00%	697514.500	1395029.000	0.000	0.00%	0.005474
2	Stern Flap Model 1	1860028	128.930	257.860	37166.301	74332.602	1238.977	1.64%	704510.500	1409021.000	-13992.000	-1.00%	0.005313
3	Stern Flap Model 2	1885177	128.349	256.698	37388.891	74777.781	793.797	1.05%	702187.688	1404375.375	-9946.375	-0.67%	0.005369
4	Stern Flap Model 3	1840317	129.507	259.014	37129.379	74258.758	1312.820	1.74%	707526.813	1415053.625	-20024.625	-1.44%	0.005284
5	Stern Flap Model 4	1821607	128.390	256.781	37437.770	74875.539	696.039	0.92%	704461.313	1408922.625	-13893.625	-1.00%	0.005375
6	Stern Flap Model 5	1887596	130.161	260.321	37222.629	74445.258	1126.320	1.49%	713363.125	1426726.250	-31697.250	-2.27%	0.005271
7	Stern Flap Model 6	1929694	128.845	257.691	37368.379	74736.758	834.820	1.10%	707204.875	1414409.750	-19380.750	-1.39%	0.005346
8	Stern Flap Model 7	2090310	128.939	257.879	37345.078	74690.156	881.422	1.17%	718016.188	1436032.375	-41003.375	-2.94%	0.005338
9	Stern Flap Model 8	1879041	129.068	258.136	37438.281	74876.563	695.016	0.92%	709163.188	1418326.375	-23297.375	-1.67%	0.005346

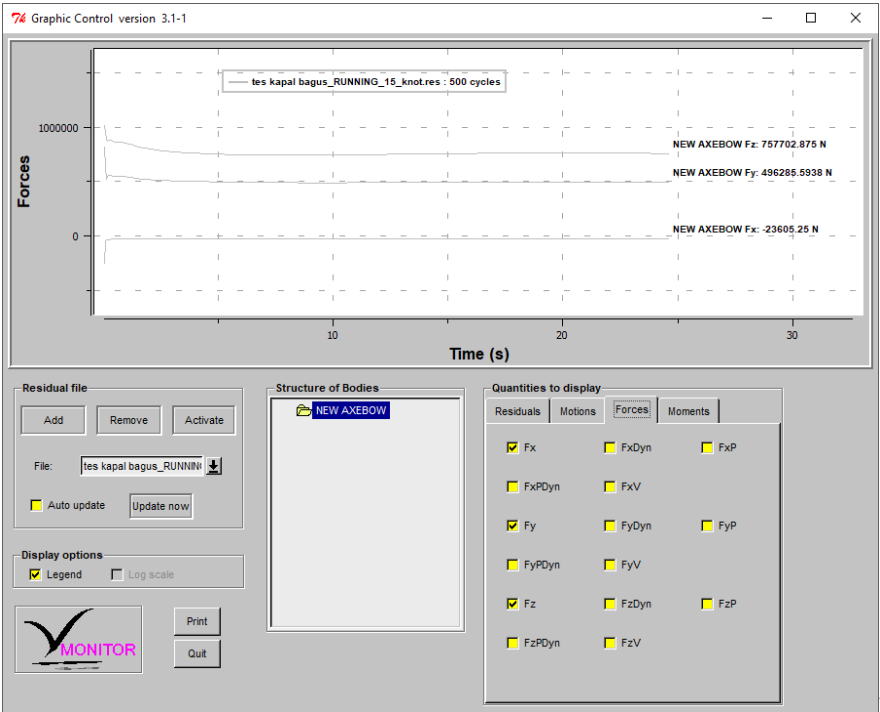
Simulasi 25 Knot (12.8611 m/s) $F_n = 0.66$ Time Step = 500

No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m2)	Wet surface area (m2) Repetition	Fx (N)	Fx (N) Repetition	Difference	%	Fz (N)	Fz (N) Repetition	Difference	%	Ct
1	Bare Hull	1792354	135.389	270.778	54214.711	108429.422	0.000	0.00%	721535.500	1443071.000	0.000	0.00%	0.004724
2	Stern Flap Model 1	1860028	136.514	273.028	53416.961	106833.922	1595.500	1.47%	731148.375	1462296.750	-19225.750	-1.33%	0.004616
3	Stern Flap Model 2	1885177	136.038	272.076	53729.781	107459.563	969.859	0.89%	729134.188	1458268.375	-15197.375	-1.05%	0.004659
4	Stern Flap Model 3	1840317	136.884	273.768	53356.602	106713.203	1716.219	1.58%	734337.875	1468675.750	-25604.750	-1.77%	0.004598
5	Stern Flap Model 4	1821607	136.185	272.370	53811.801	107623.602	805.820	0.74%	731737.125	1463474.250	-20403.250	-1.41%	0.004661
6	Stern Flap Model 5	1887596	137.511	275.021	53521.941	107043.883	1385.539	1.28%	740071.375	1480142.750	-37071.750	-2.57%	0.004591
7	Stern Flap Model 6	1929694	136.366	272.732	53625.648	107251.297	1178.125	1.09%	731834.000	1463668.000	-20597.000	-1.43%	0.004639
8	Stern Flap Model 7	2090310	138.173	276.346	53924.781	107849.563	579.859	0.53%	744786.375	1489572.750	-46501.750	-3.22%	0.004604
9	Stern Flap Model 8	1879041	136.633	273.266	53796.910	107593.820	835.602	0.77%	736556.375	1473112.750	-30041.750	-2.08%	0.004645

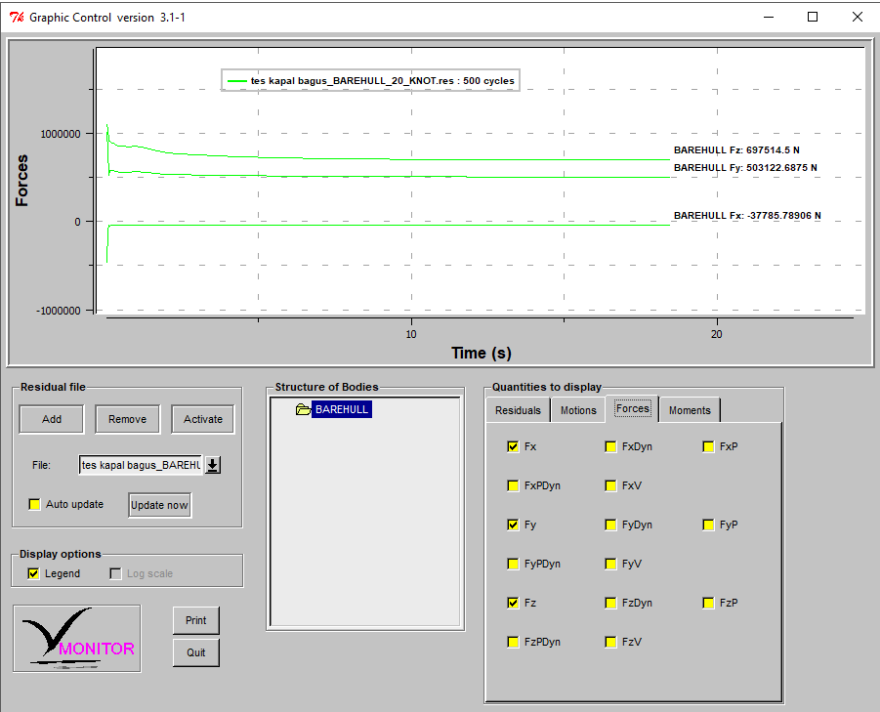
Simulasi 30 Knot (15.4333 m/s) $F_n = 0.8$ Time Step = 500

No	Item	Nb of Cells	Wet surface area (m2)	Wet surface area (m2) Repetition	Fx (N)	Fx (N) Repetition	Difference	%	Fz (N)	Fz (N) Repetition	Difference	%	Ct
1	Bare Hull	1792354	141.790	283.579	69179.508	138359.016	0.000	0.00%	778031.000	1556062.000	0.000	0.00%	0.003997
2	Stern Flap Model 1	1860028	142.913	285.825	67939.688	135879.375	2479.641	1.79%	783797.000	1567594.000	-11532.000	-0.74%	0.003894
3	Stern Flap Model 2	1885177	142.363	284.726	68315.594	136631.188	1727.828	1.25%	781831.500	1563663.000	-7601.000	-0.49%	0.003931
4	Stern Flap Model 3	1840317	143.193	286.386	67873.578	135747.156	2611.859	1.89%	787334.125	1574668.250	-18606.250	-1.20%	0.003883
5	Stern Flap Model 4	1821607	142.400	284.800	68408.781	136817.563	1541.453	1.11%	784525.625	1569051.250	-12989.250	-0.83%	0.003935
6	Stern Flap Model 5	1887596	143.895	287.789	68146.461	136292.922	2066.094	1.49%	793458.813	1586917.625	-30855.625	-1.98%	0.003880
7	Stern Flap Model 6	1929694	142.797	285.595	68327.539	136655.078	1703.938	1.23%	787933.125	1575866.250	-19804.250	-1.27%	0.003920
8	Stern Flap Model 7	2090310	144.464	288.927	68600.109	137200.219	1158.797	0.84%	797602.000	1595204.000	-39142.000	-2.52%	0.003890
9	Stern Flap Model 8	1879041	142.974	285.948	68446.320	136882.641	1466.375	1.06%	790164.375	1580328.750	-24266.750	-1.56%	0.003922

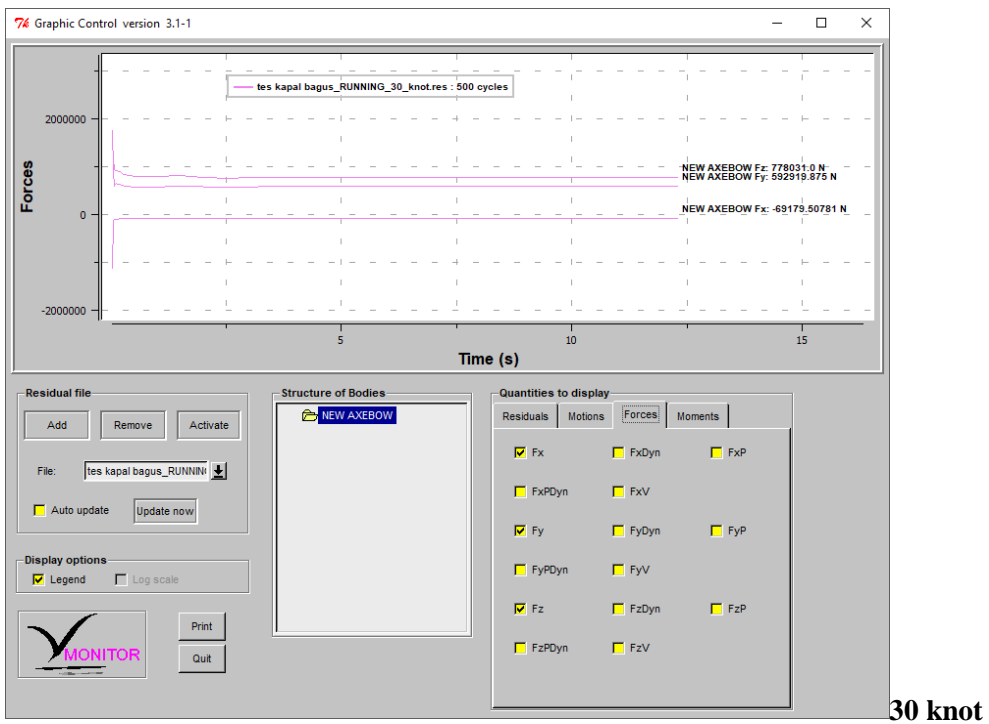
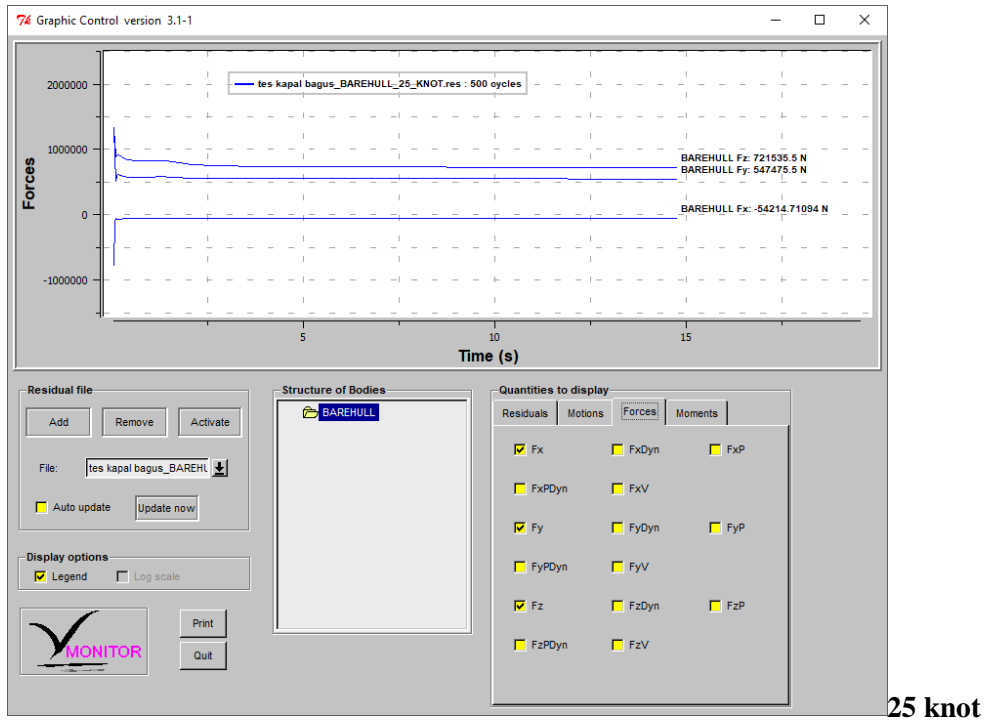
Bare Hull



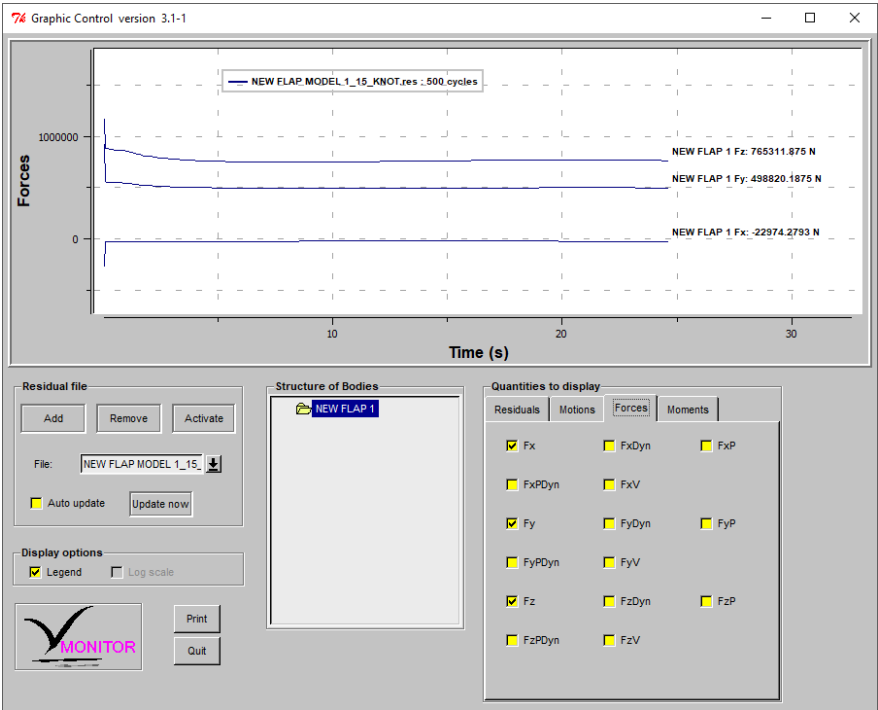
15 knot



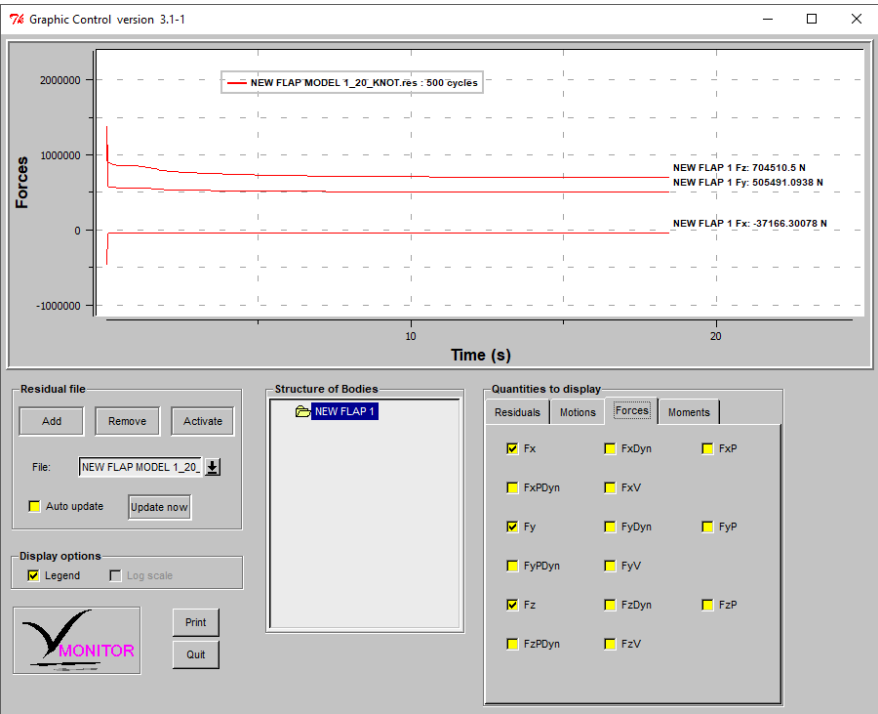
20 knot



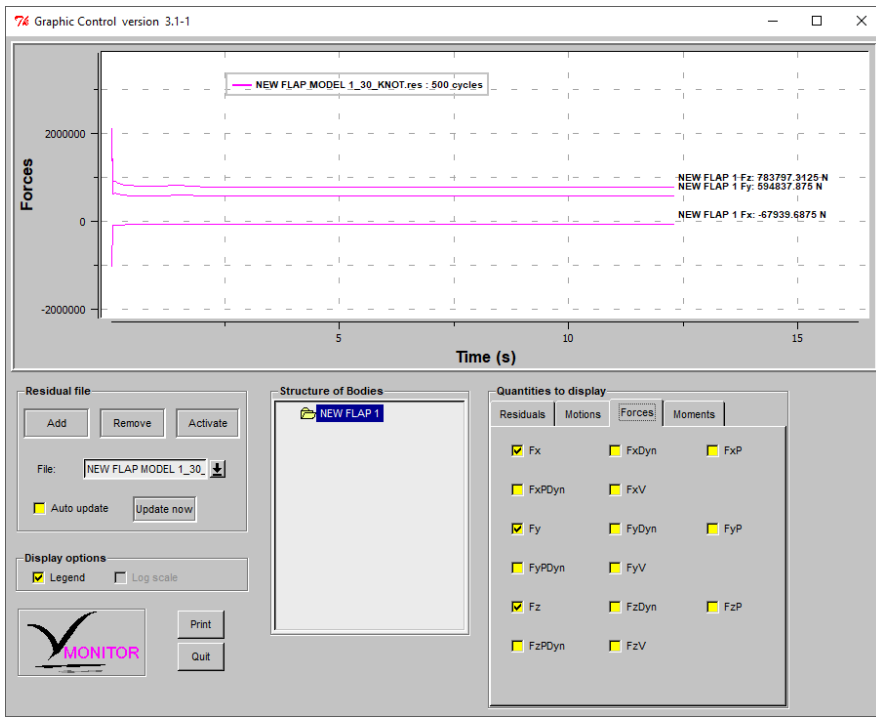
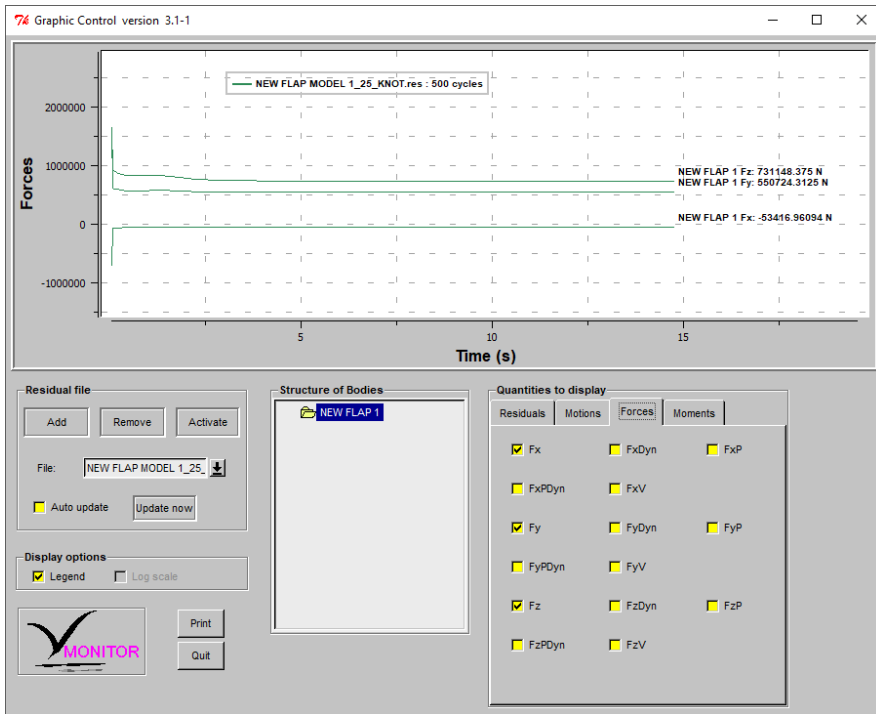
Stern Flap Model 1



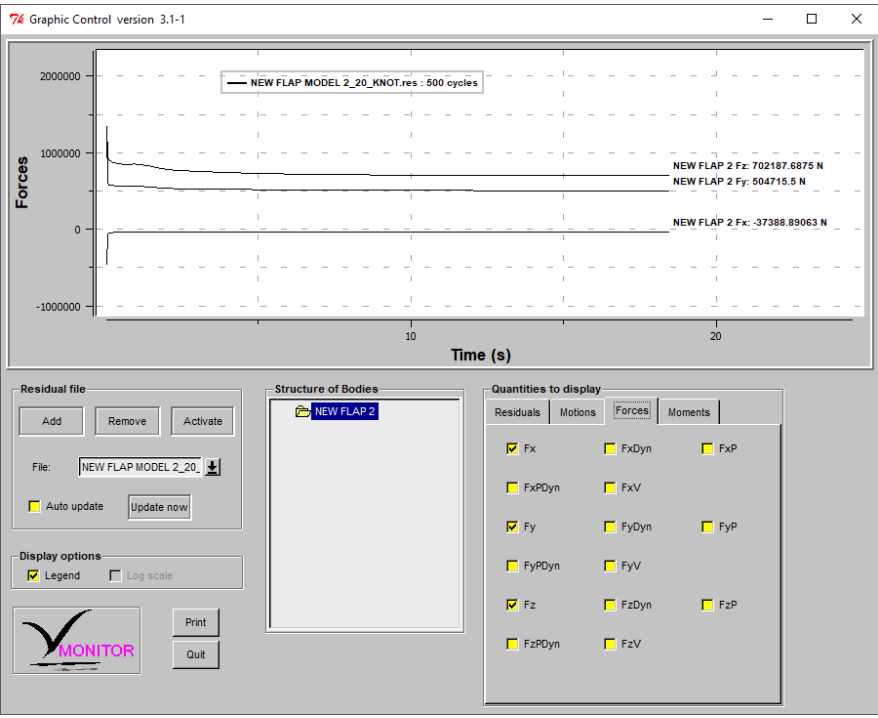
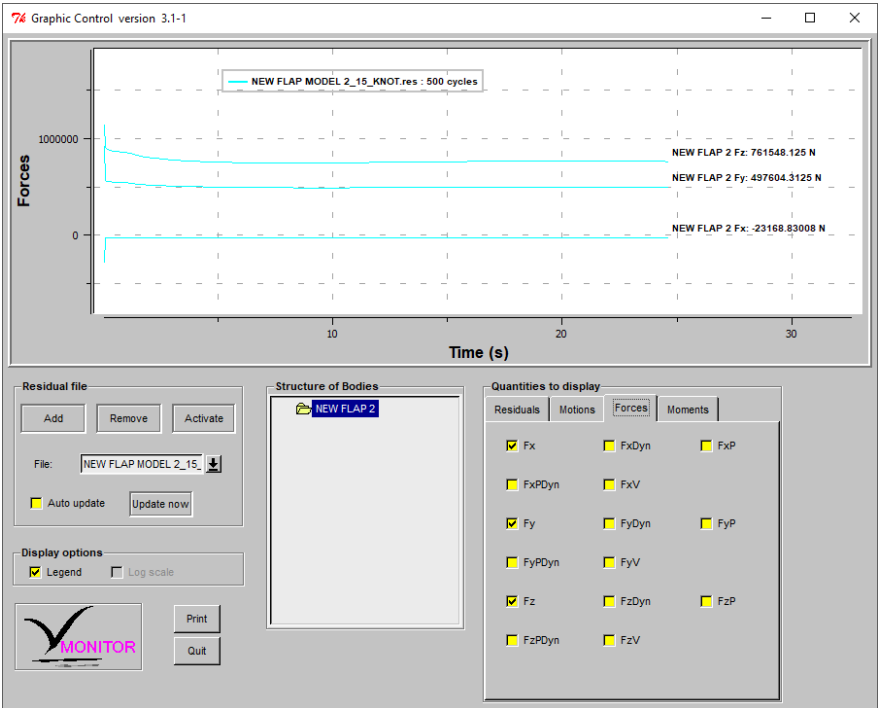
15 knot

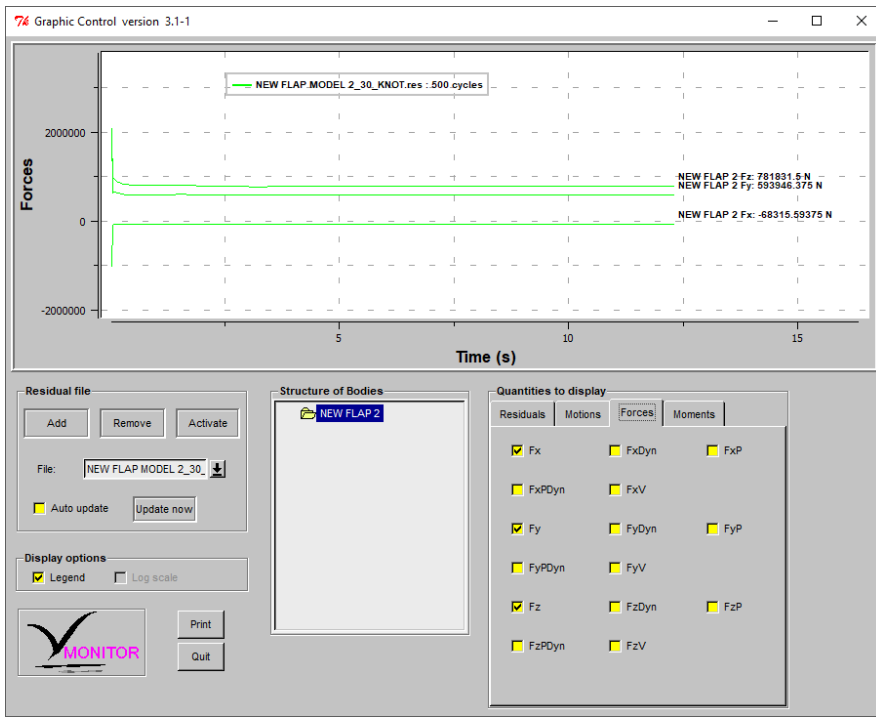
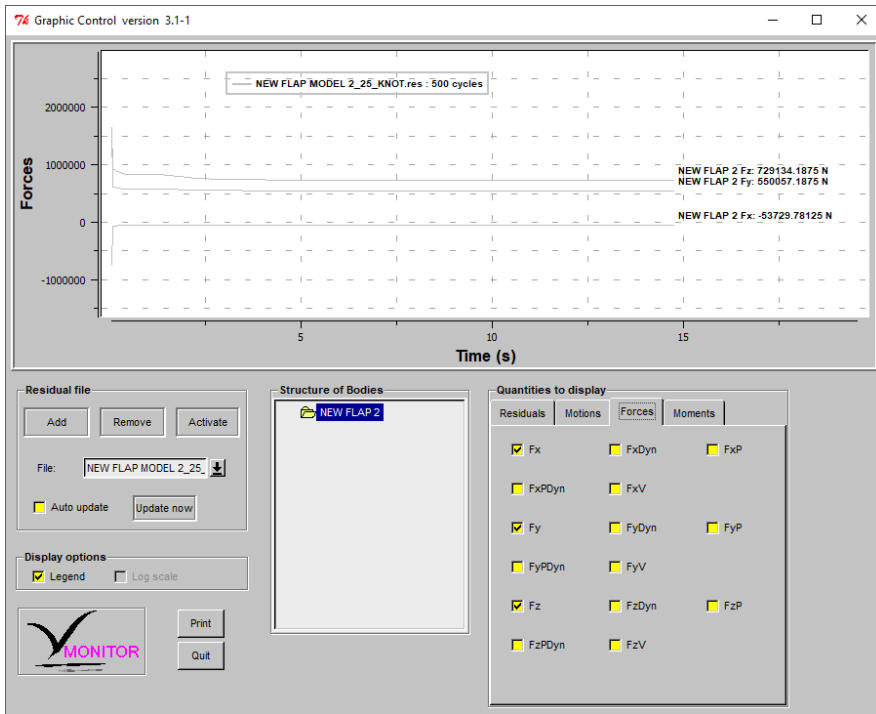


20 knot

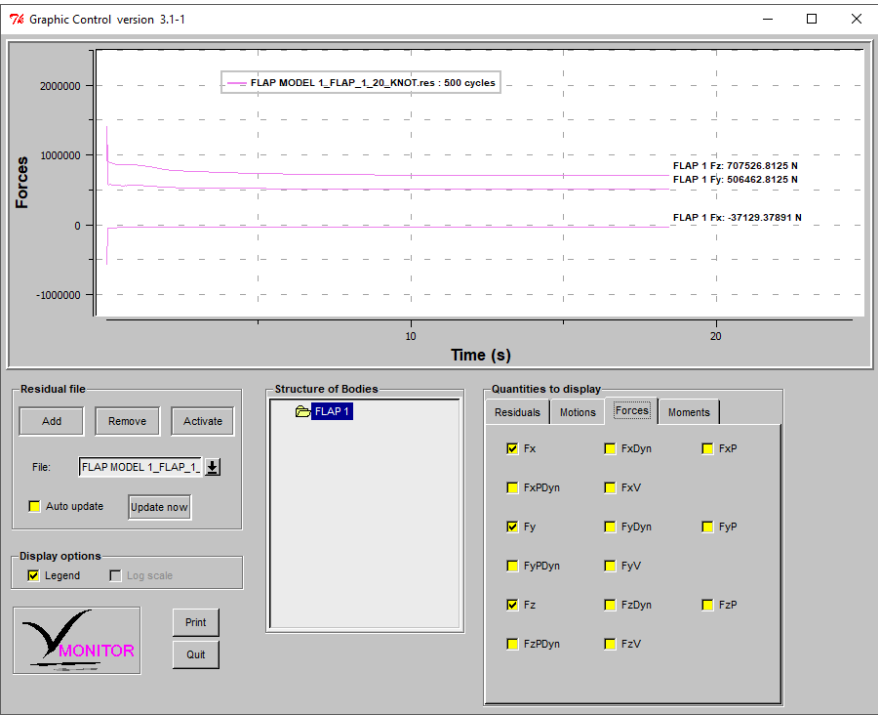
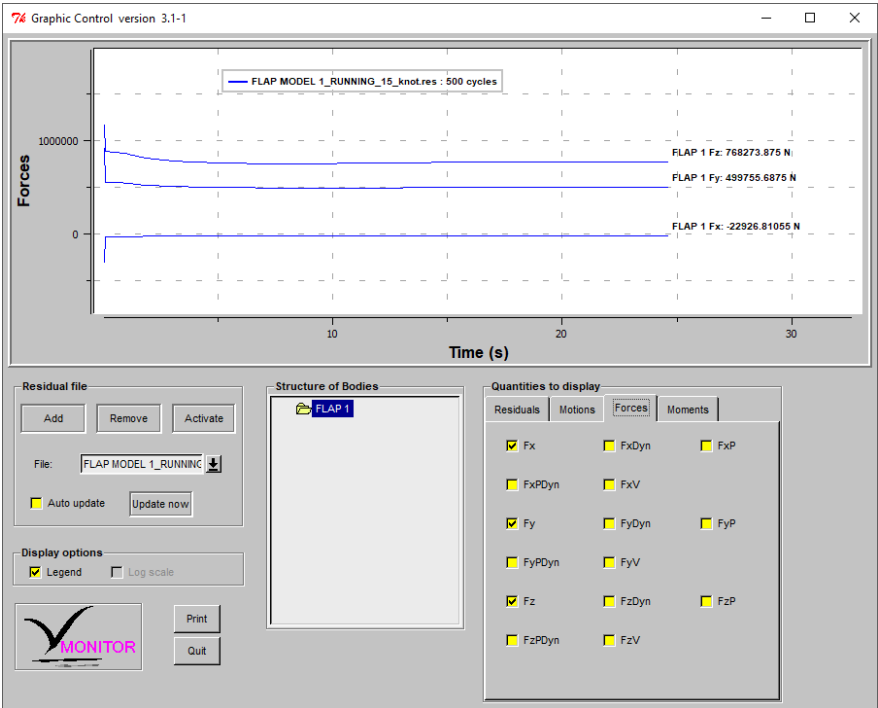


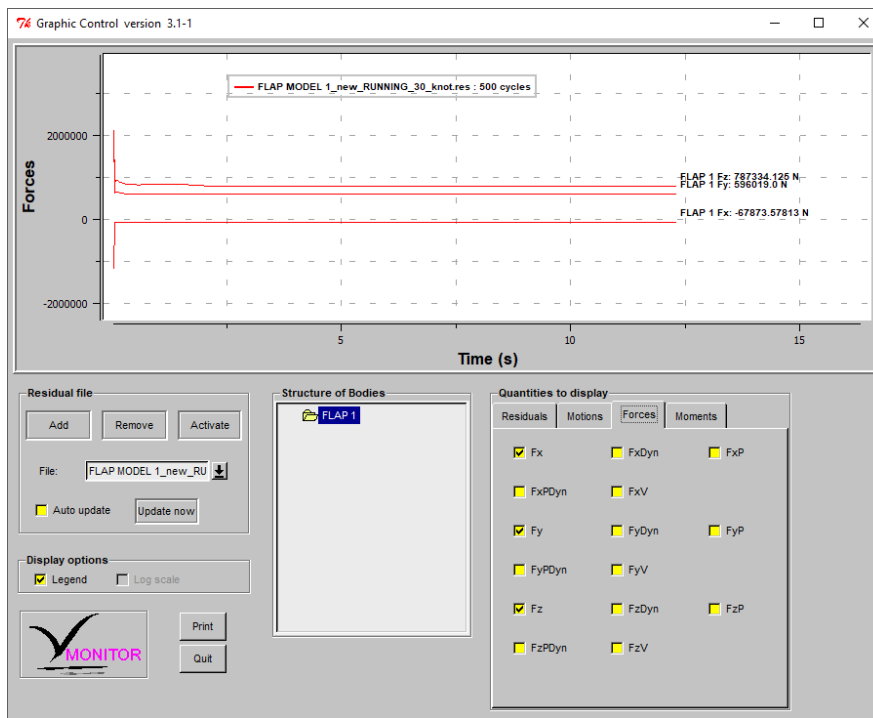
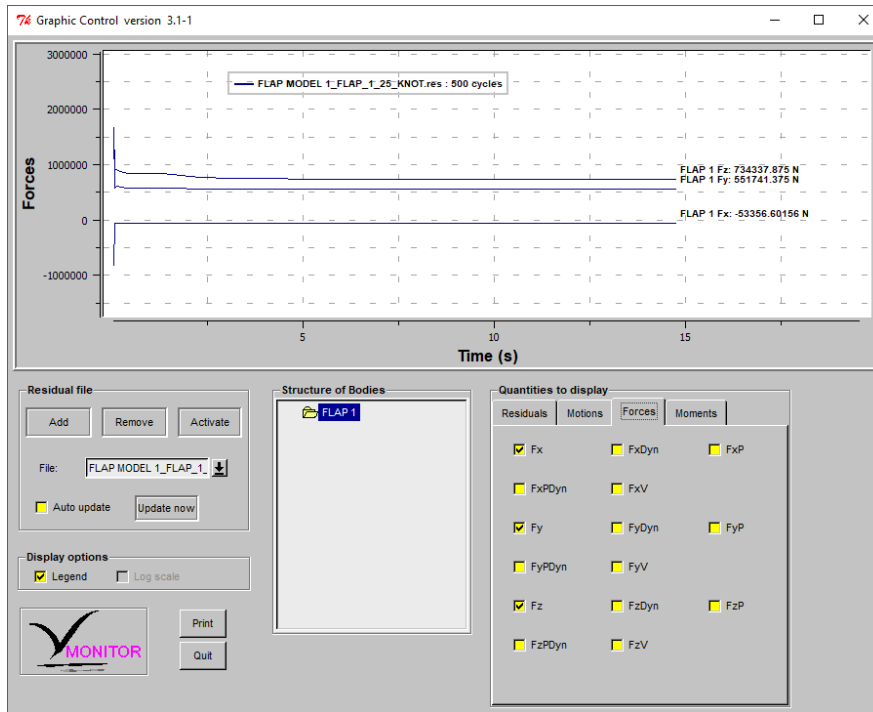
Stern Flap Model 2



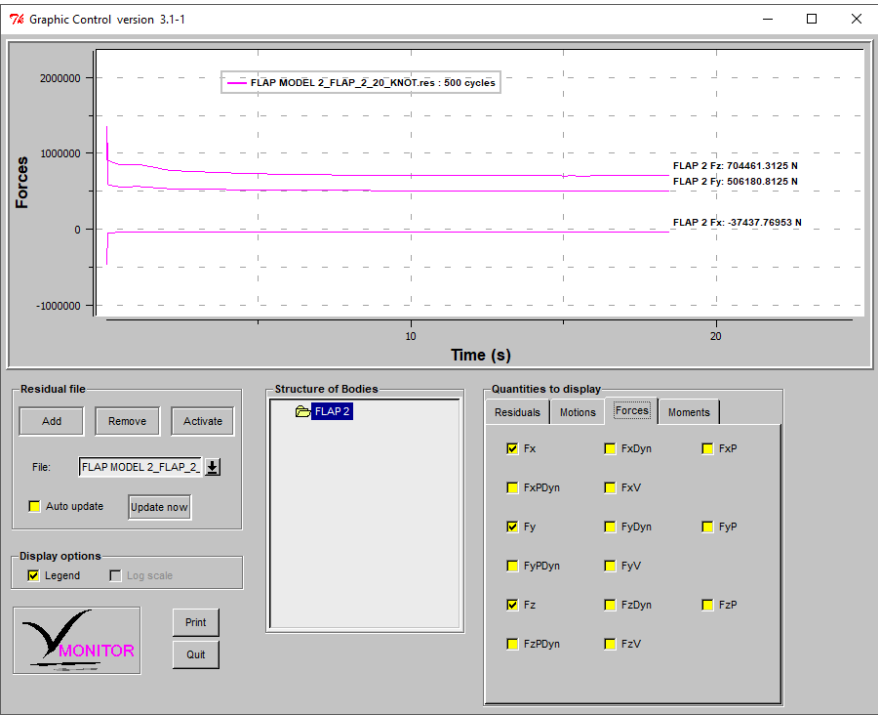
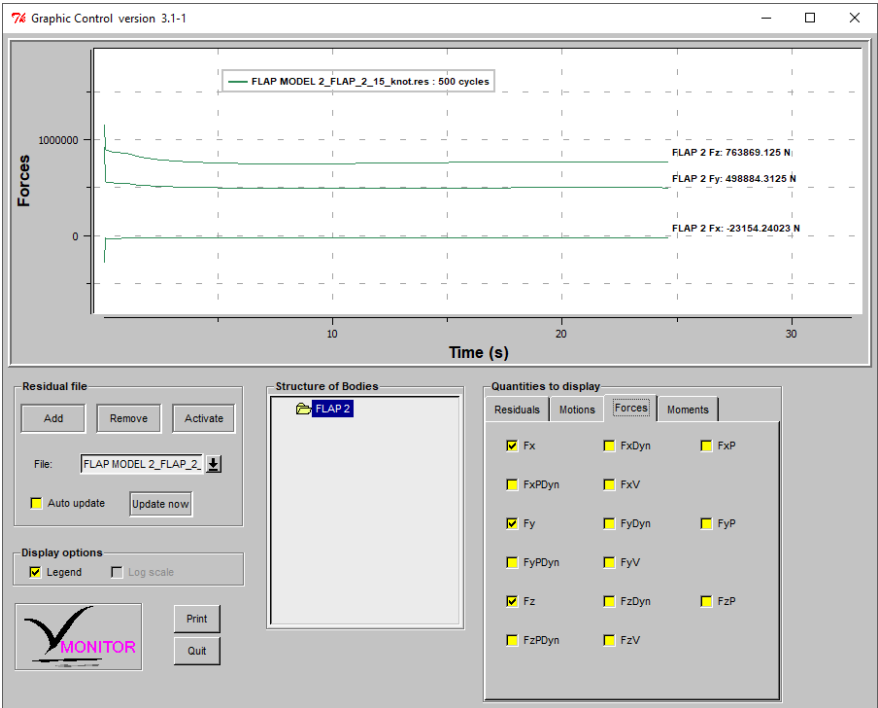


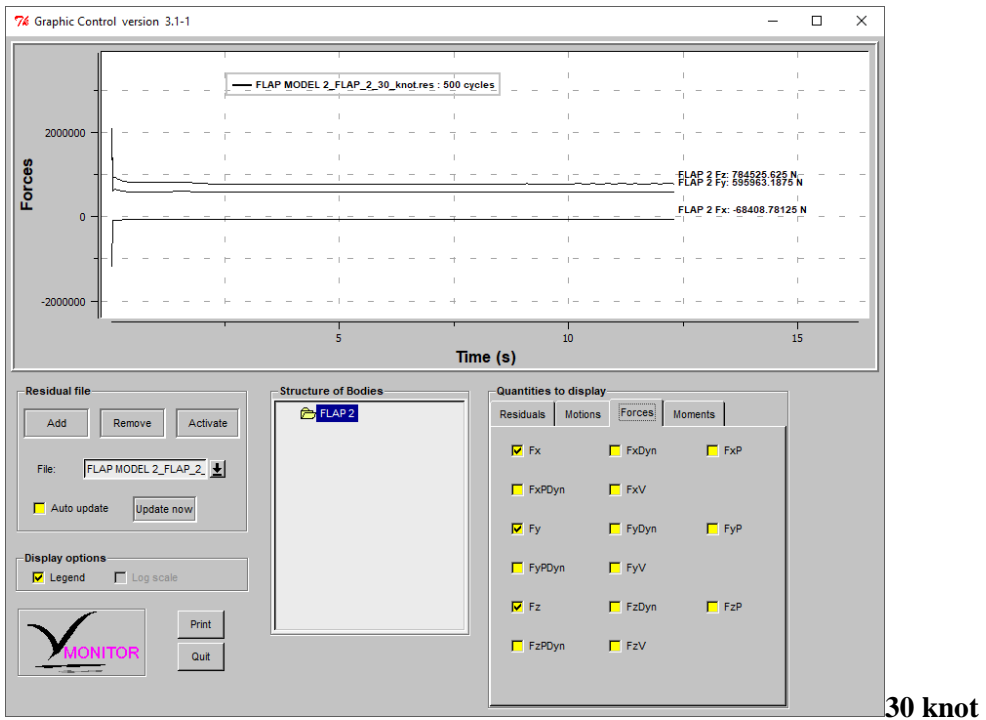
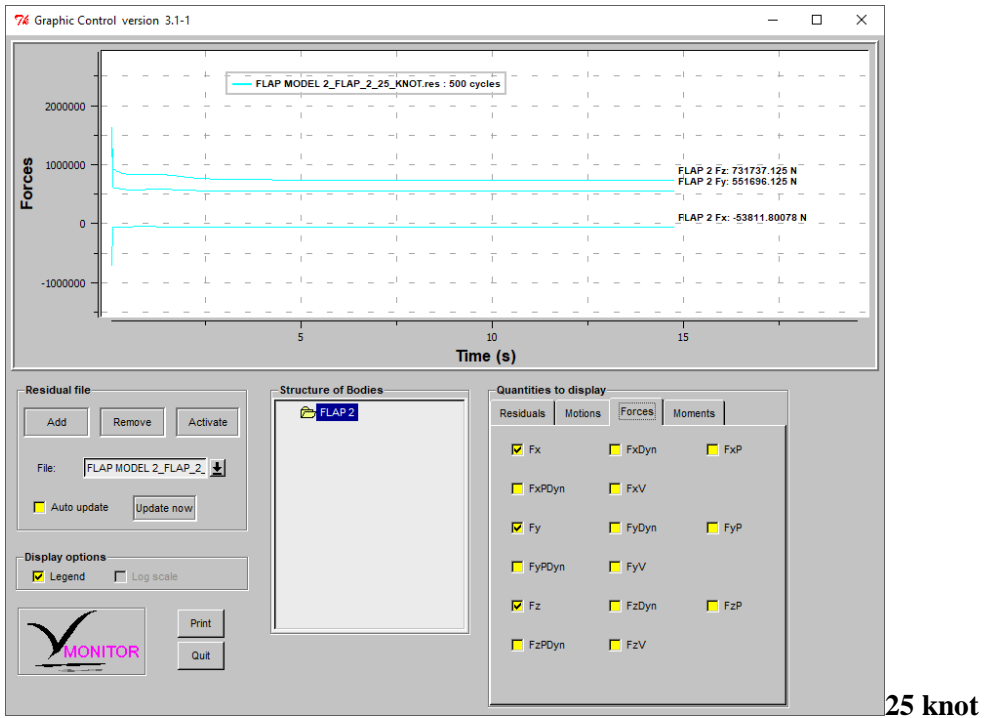
Stern Flap Model 3



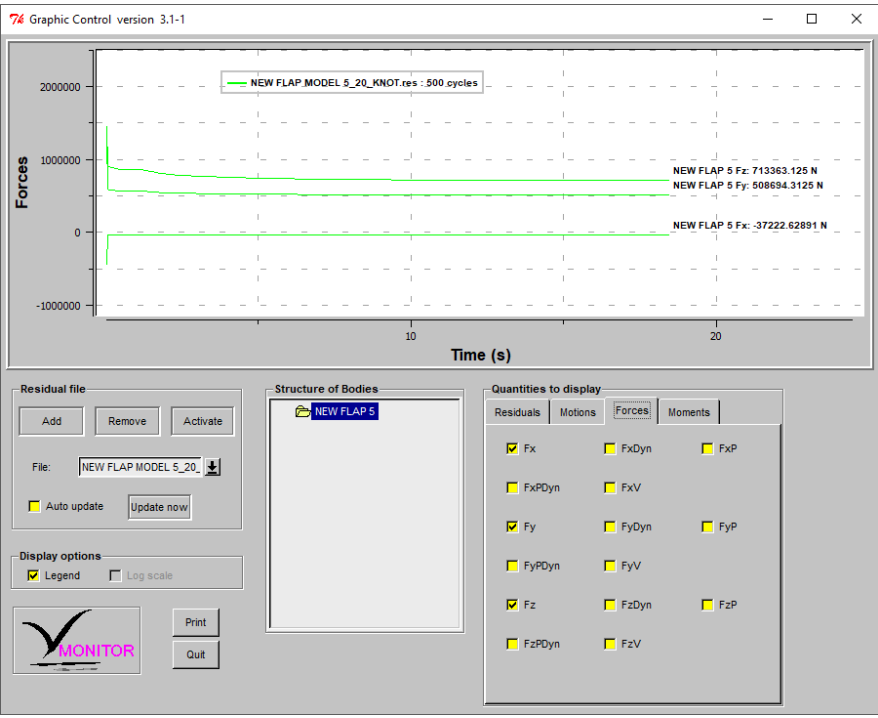
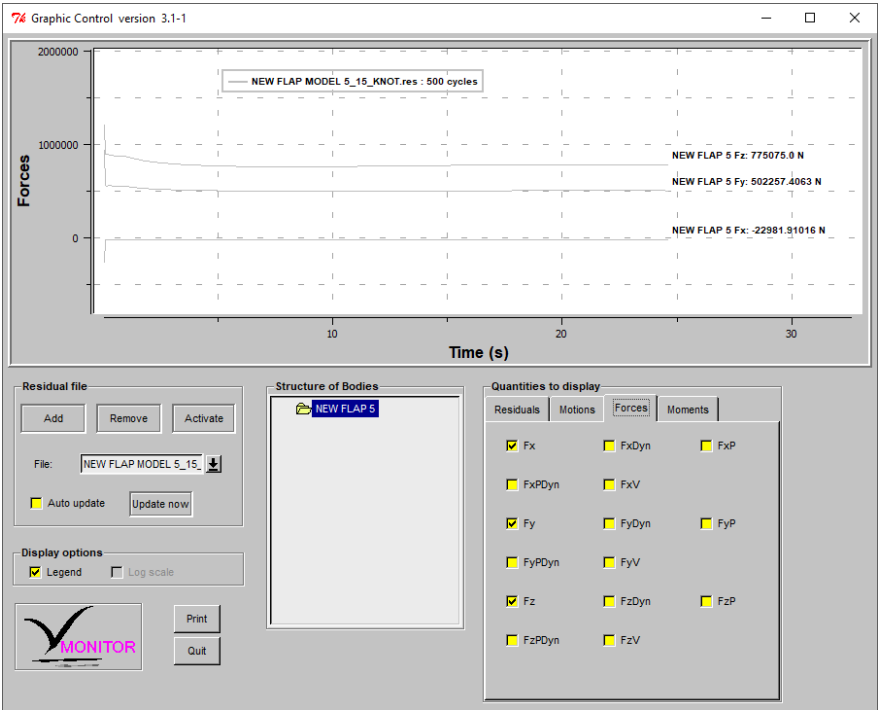


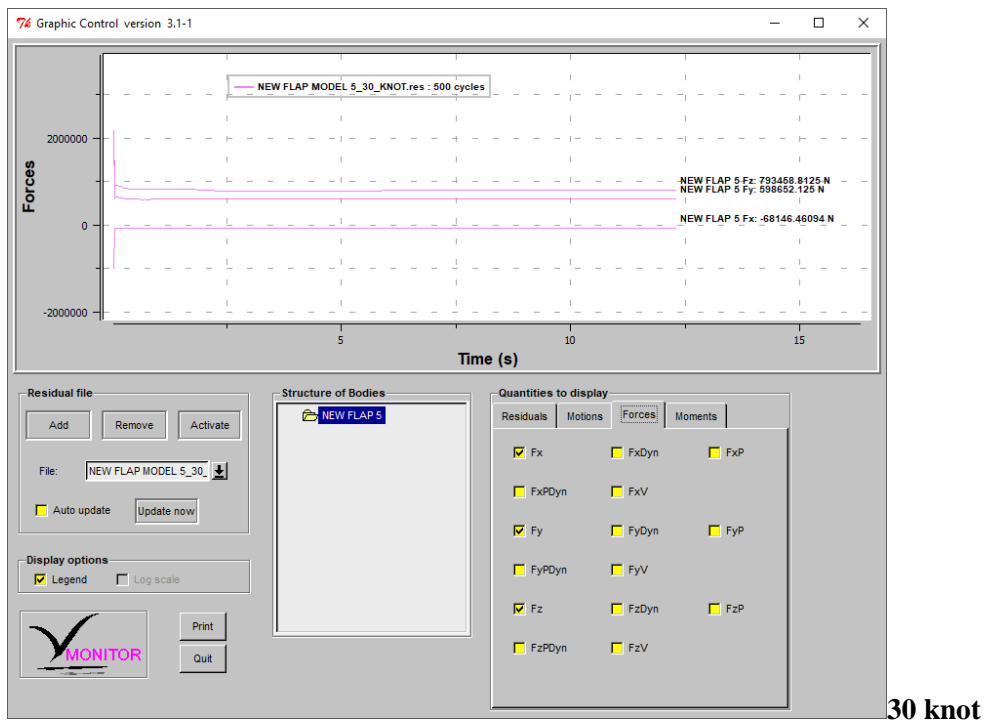
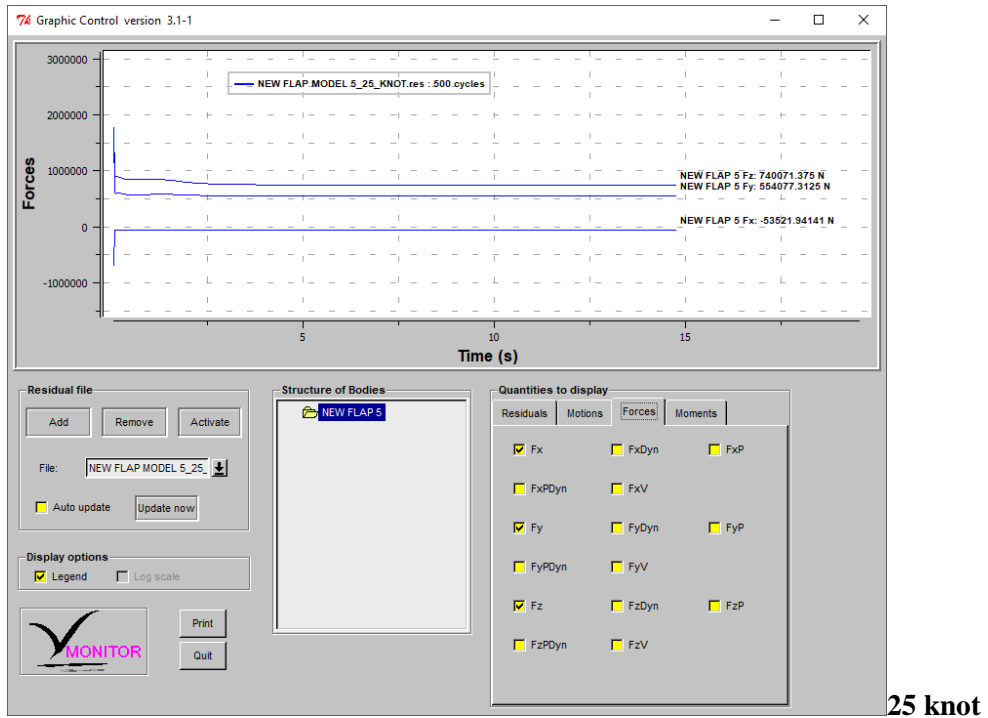
Stern Flap Model 4



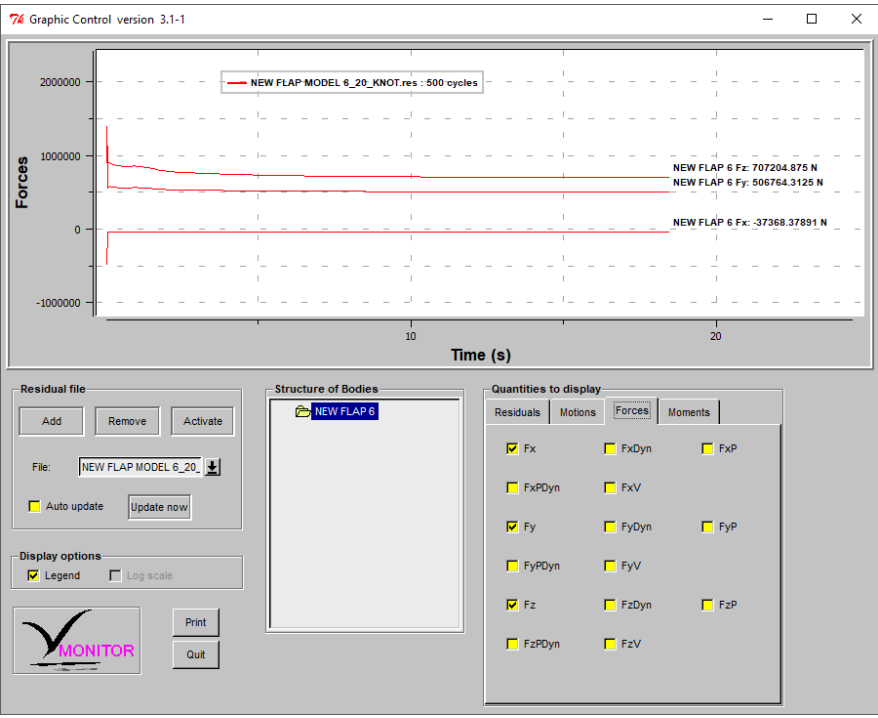
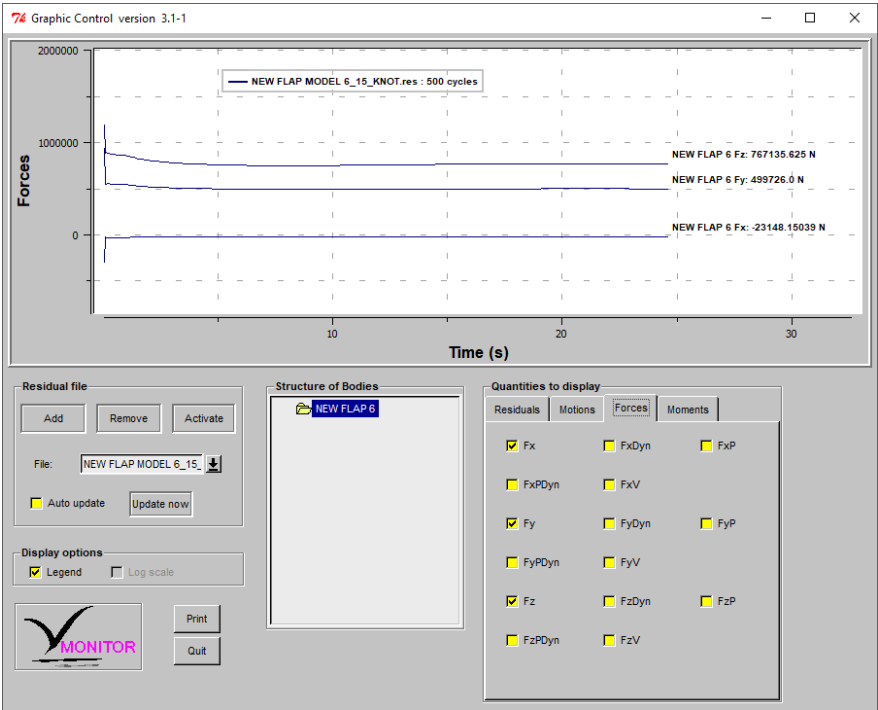


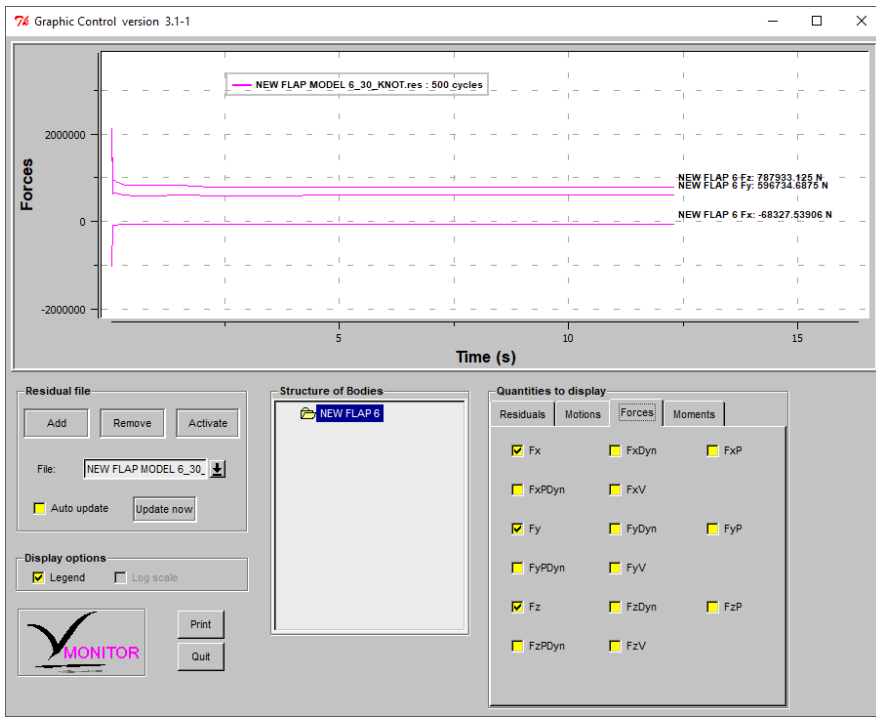
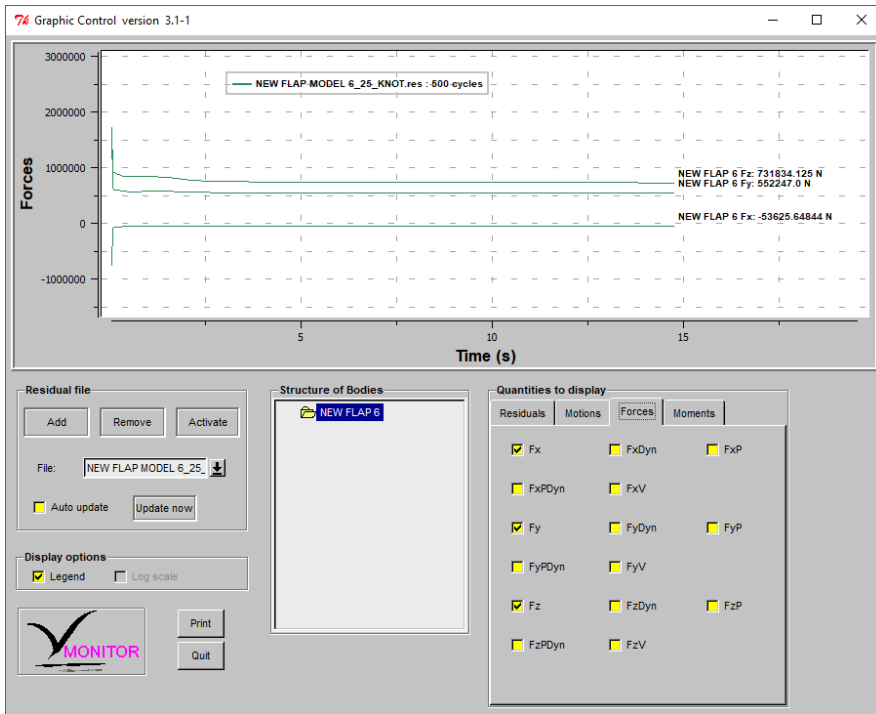
Stern Flap Model 5



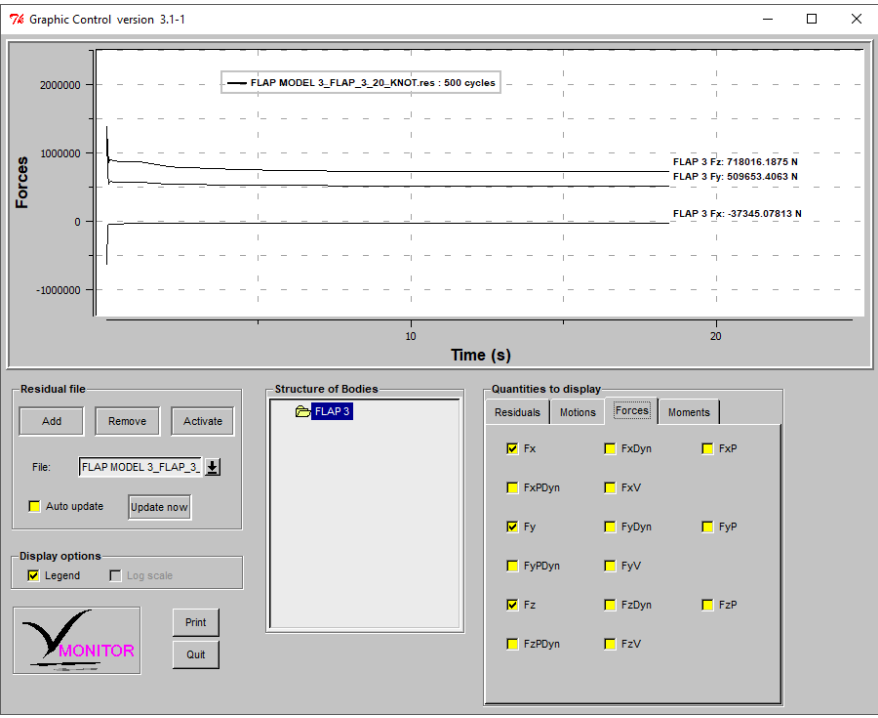
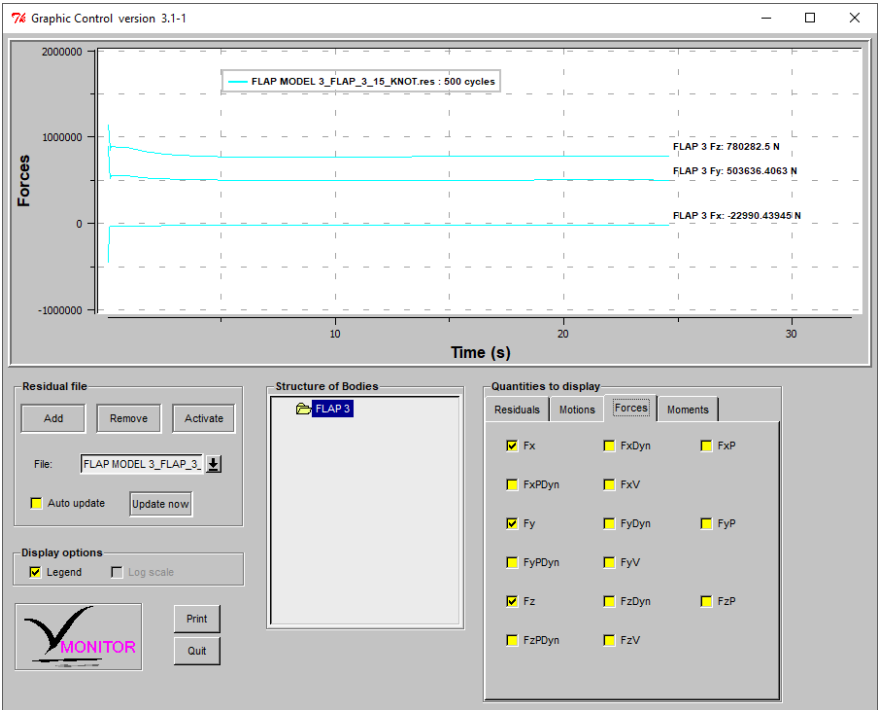


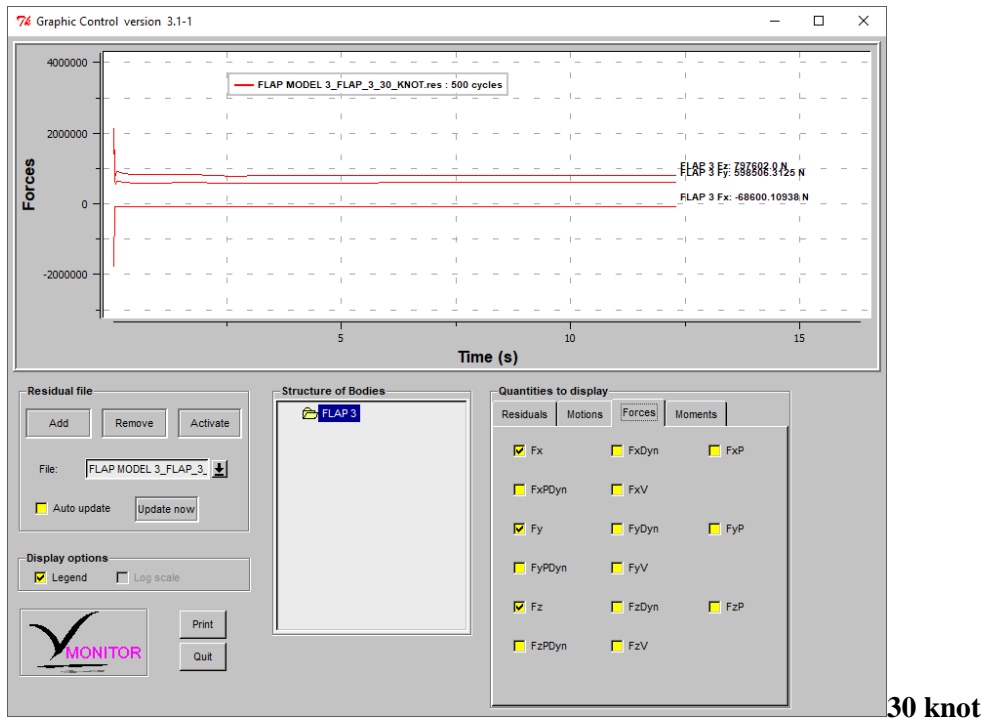
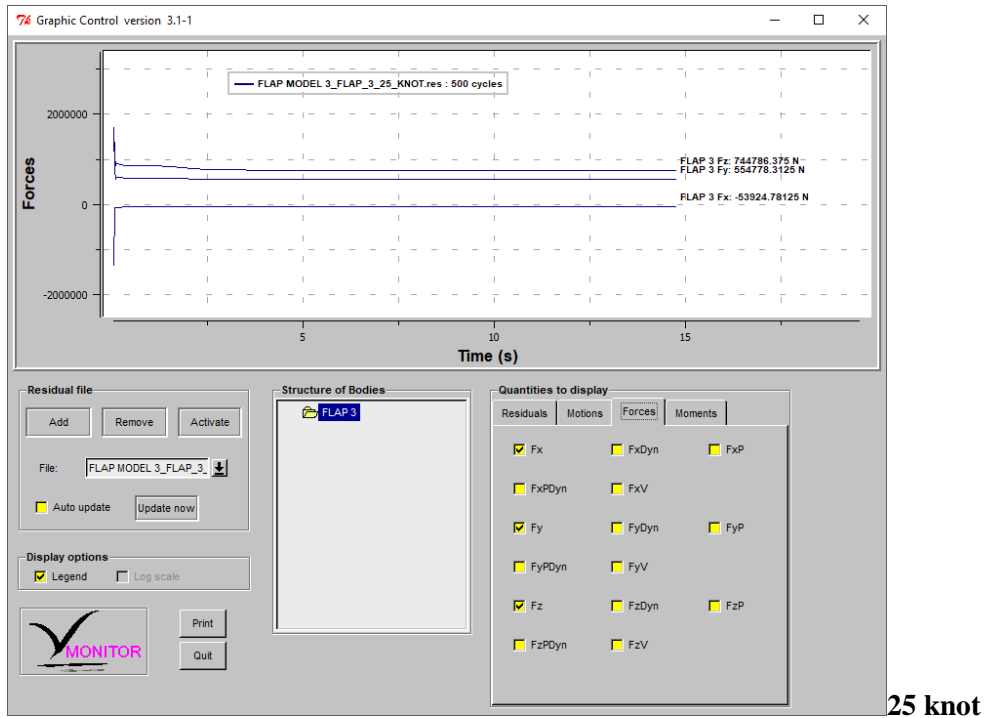
Stern Flap Model 6



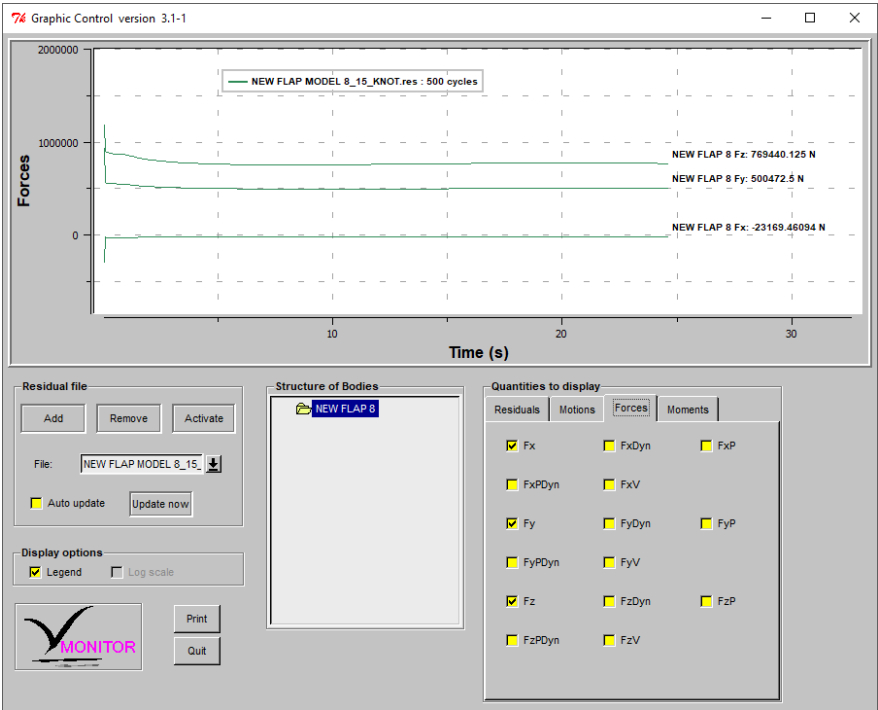


Stern Flap Model 7

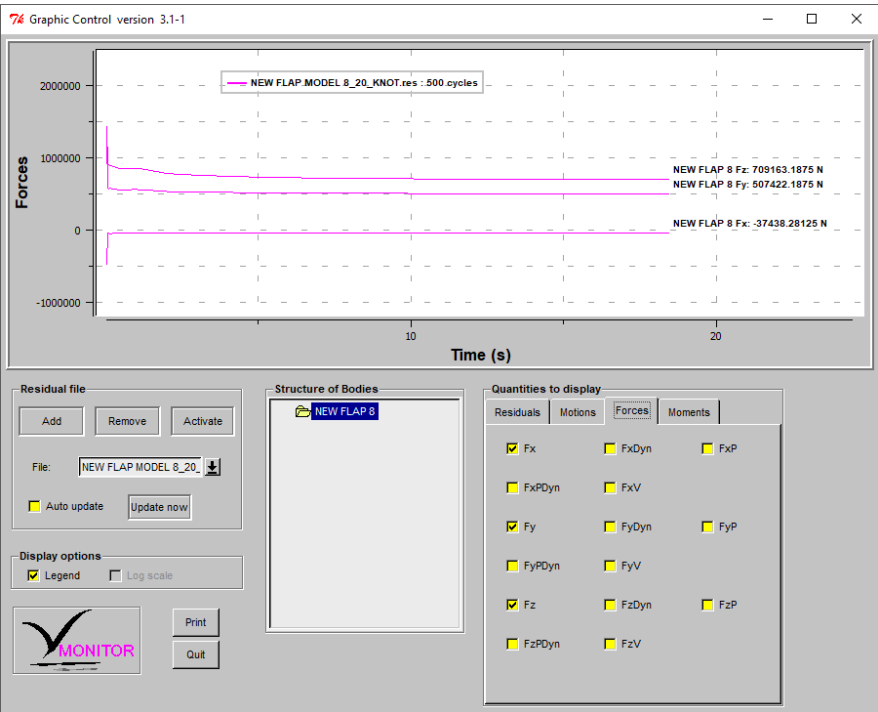




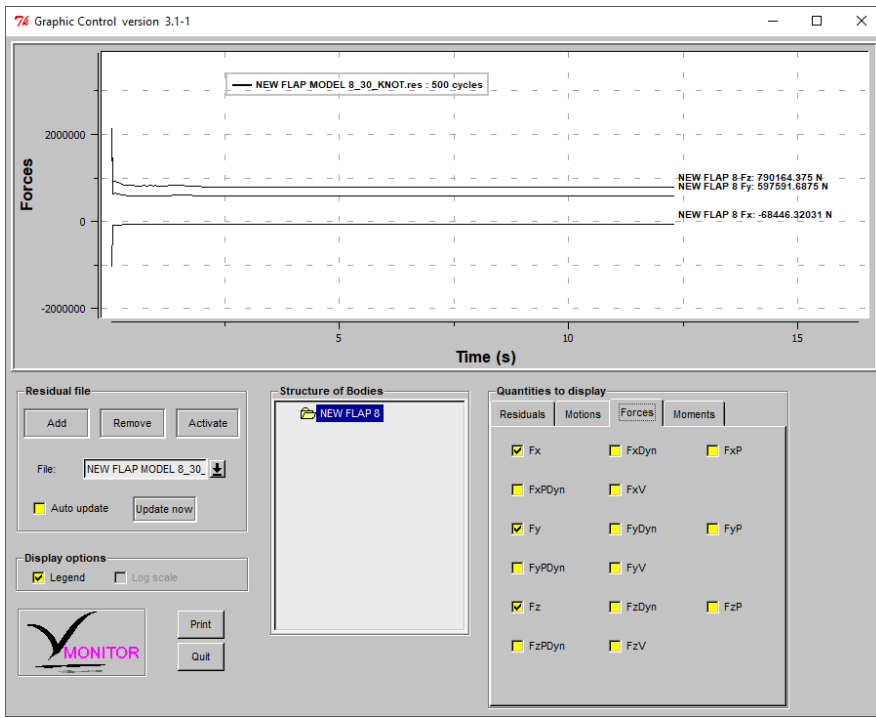
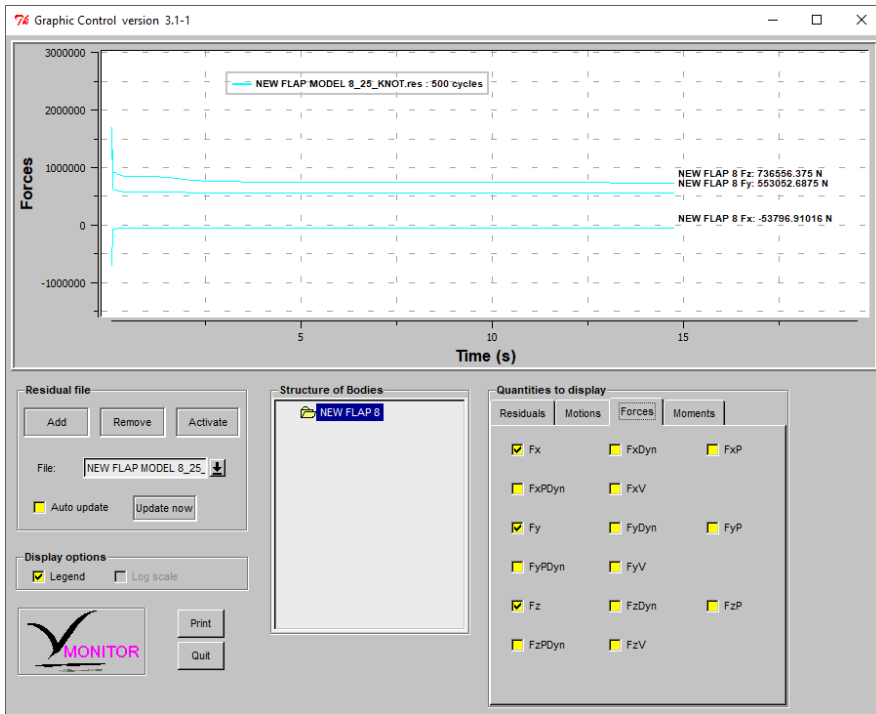
Stern Flap Model 8



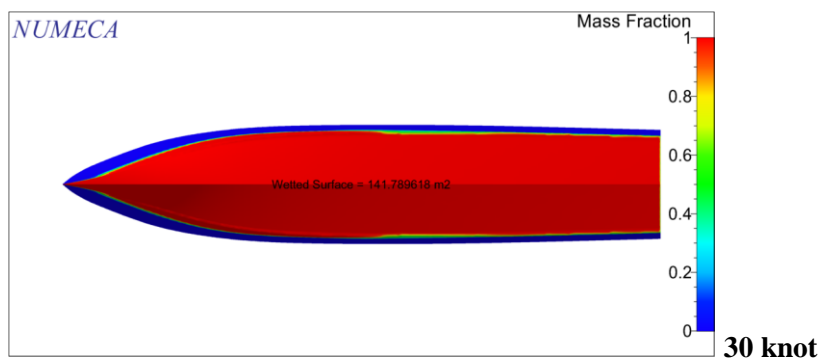
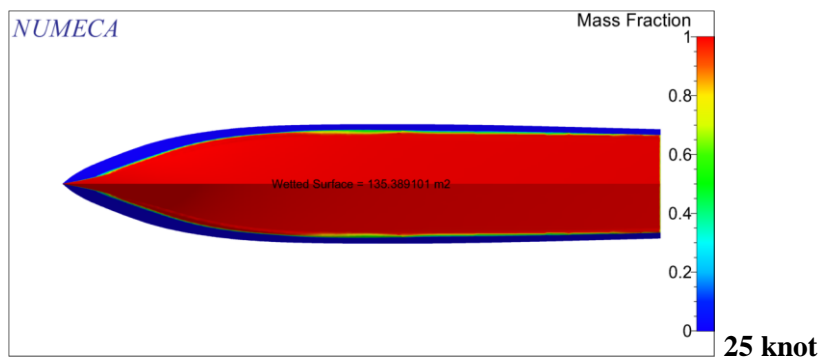
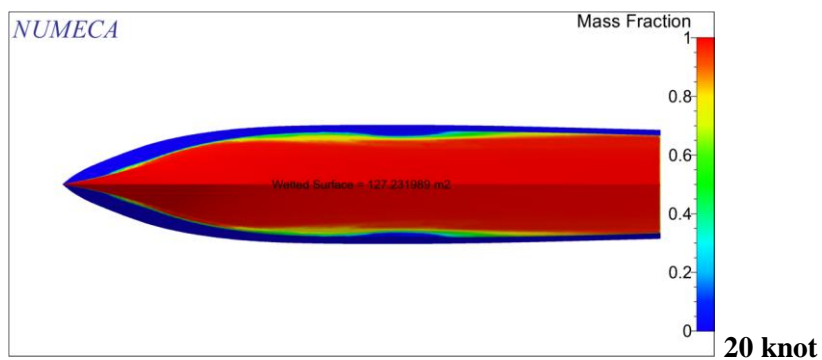
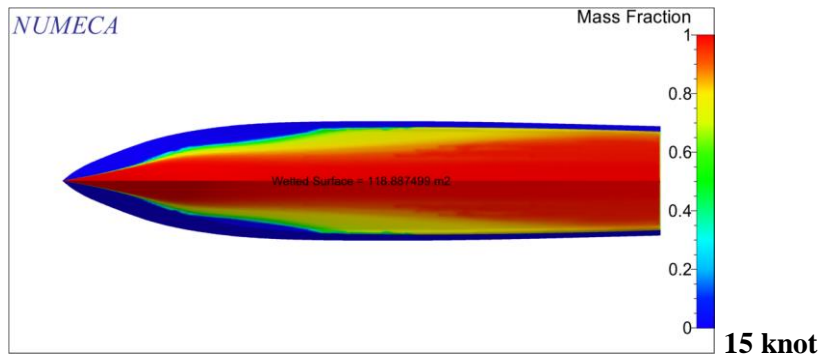
15 knot

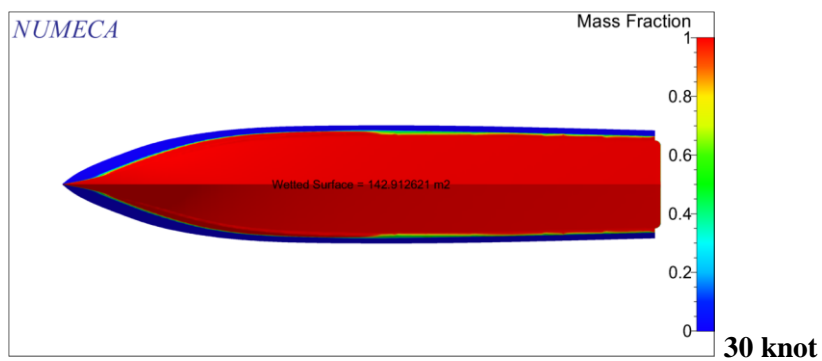
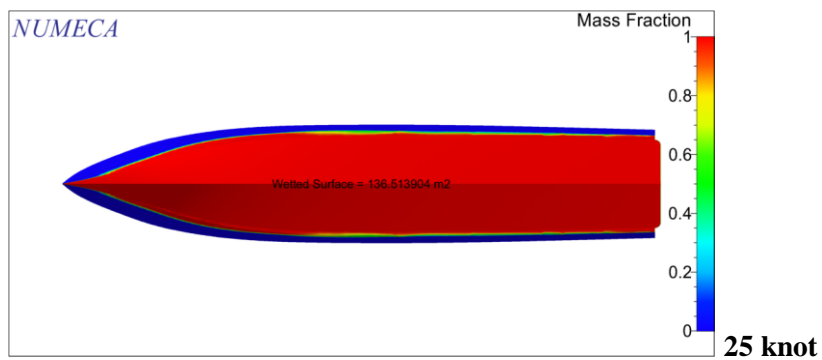
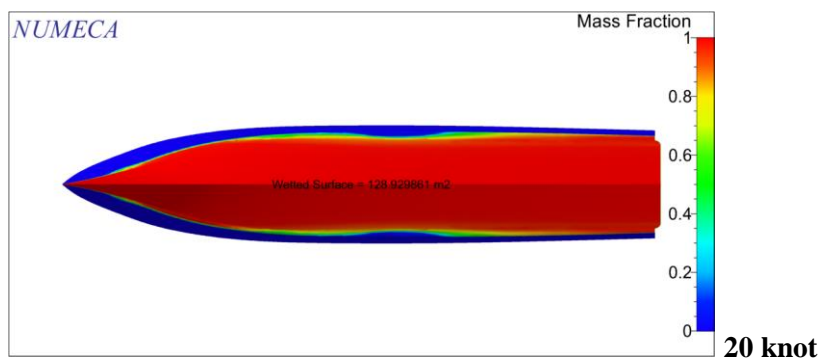
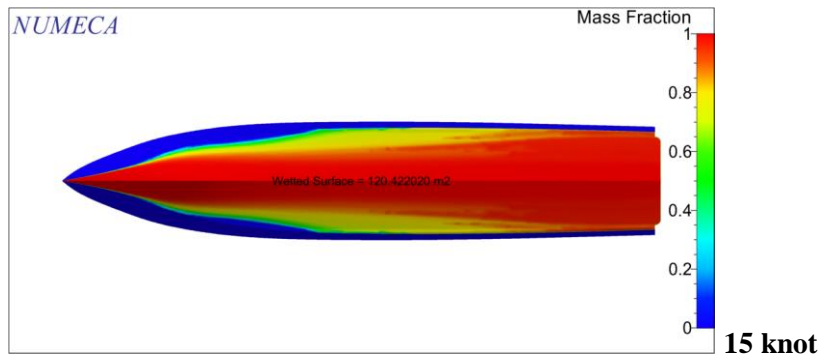


20 knot

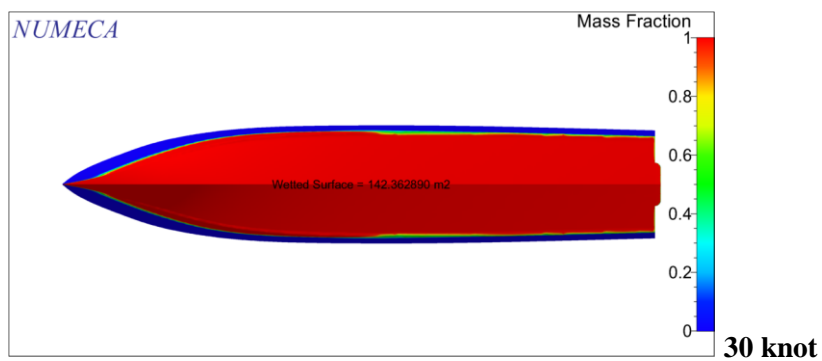
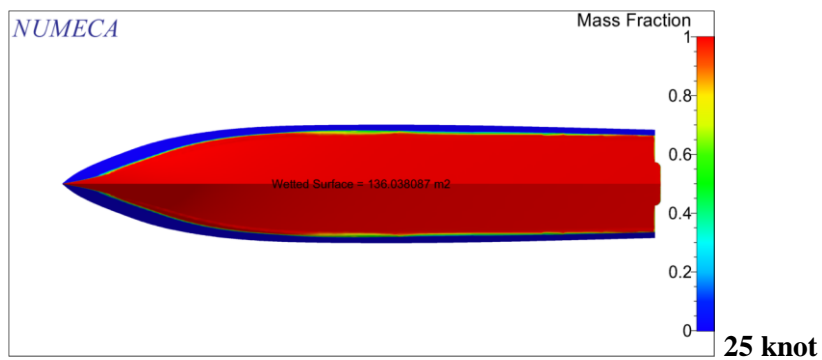
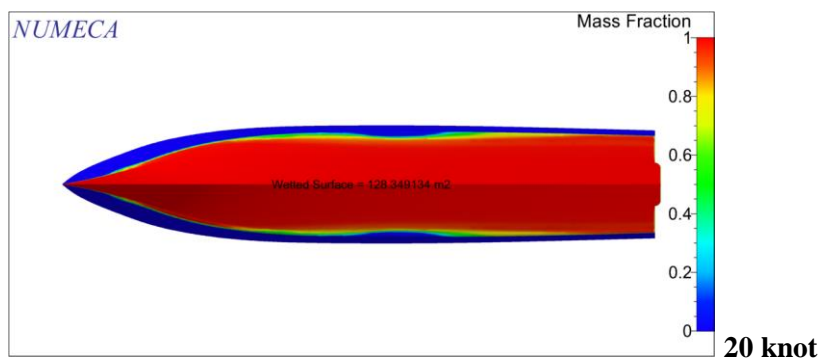
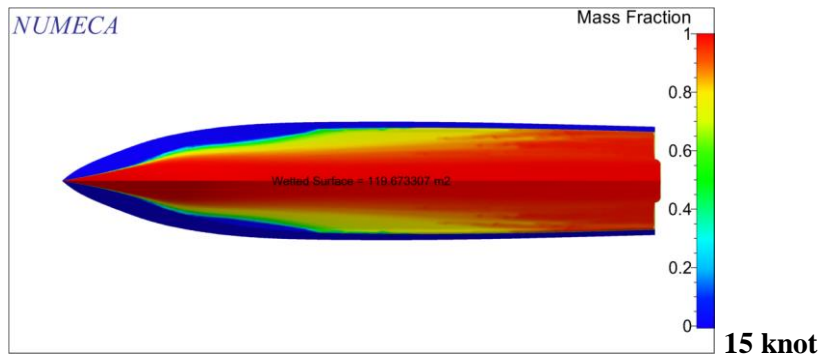


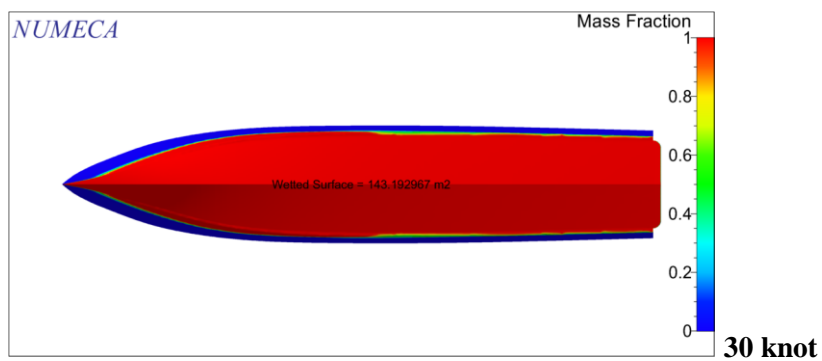
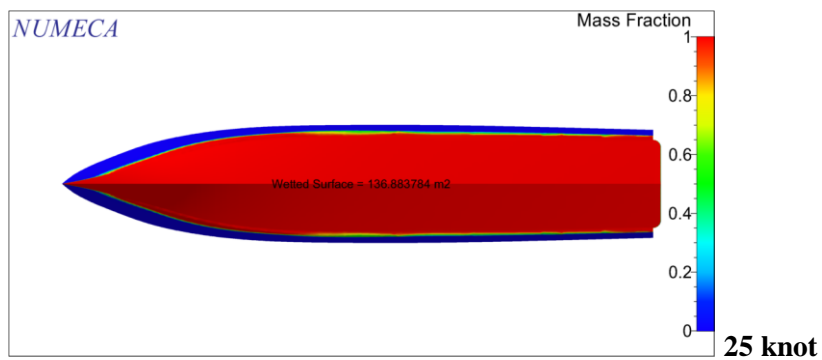
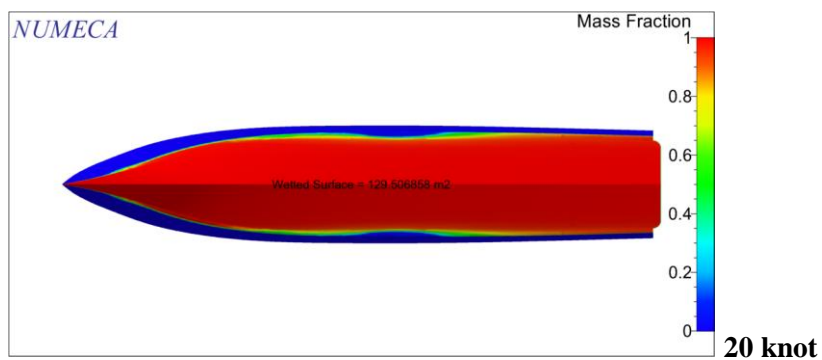
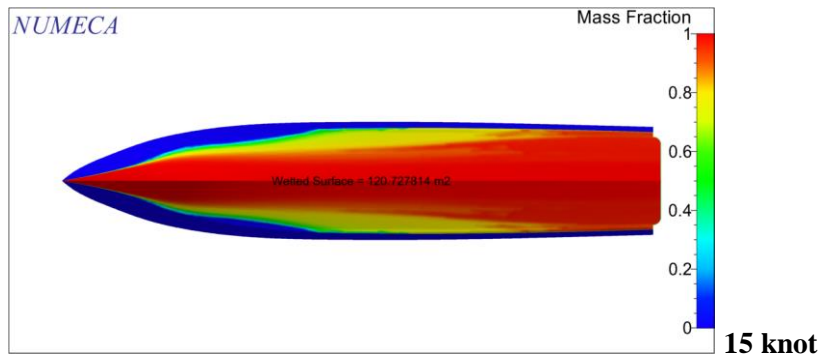
Bare Hull – Wet Surface Area



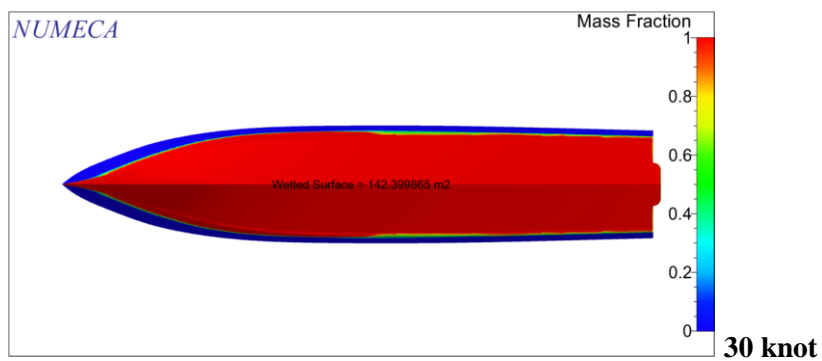
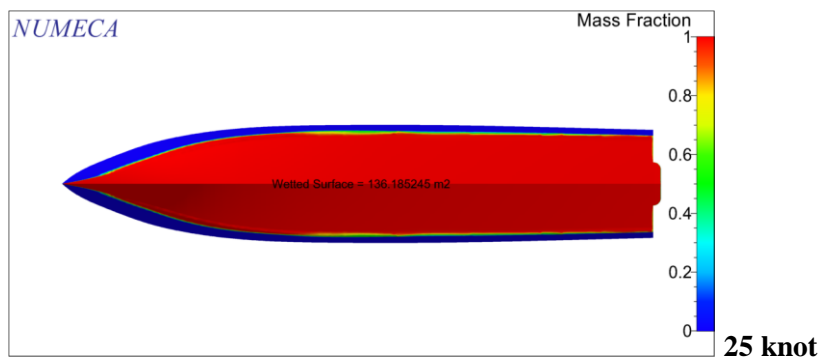
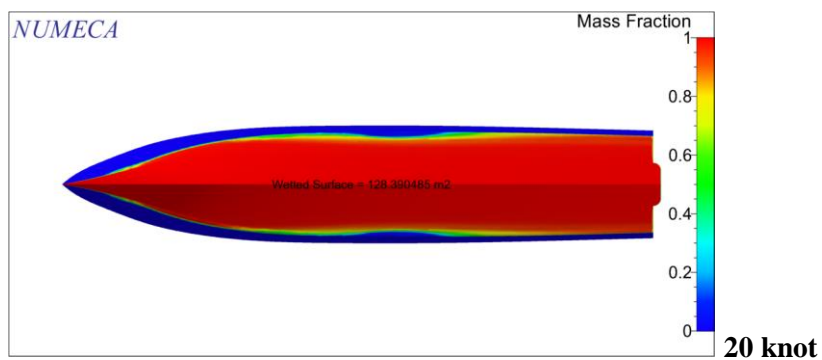
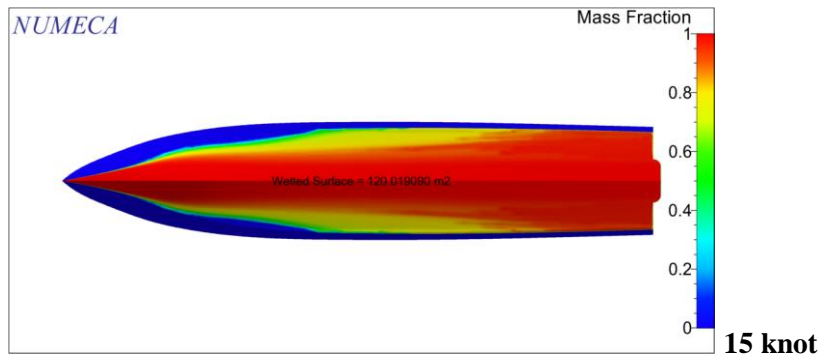
Stern Flap Model 1 – Wet Surface Area

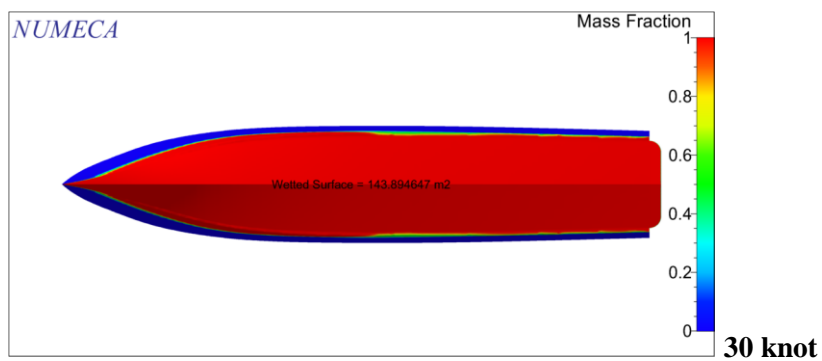
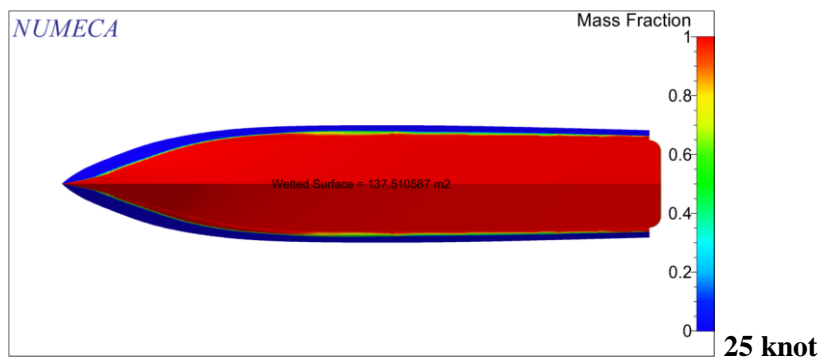
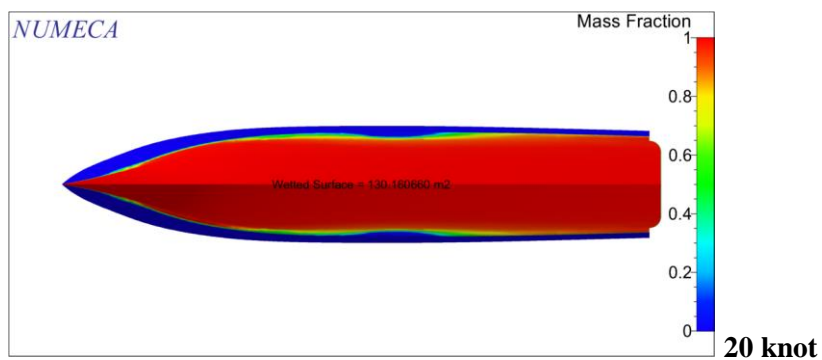
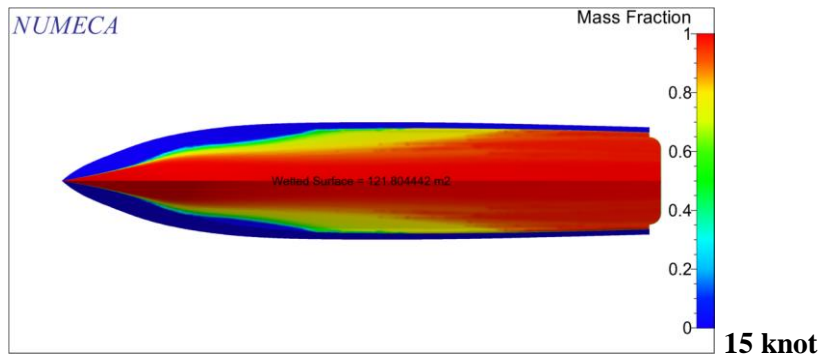
Stern Flap Model 2 – Wet Surface Area



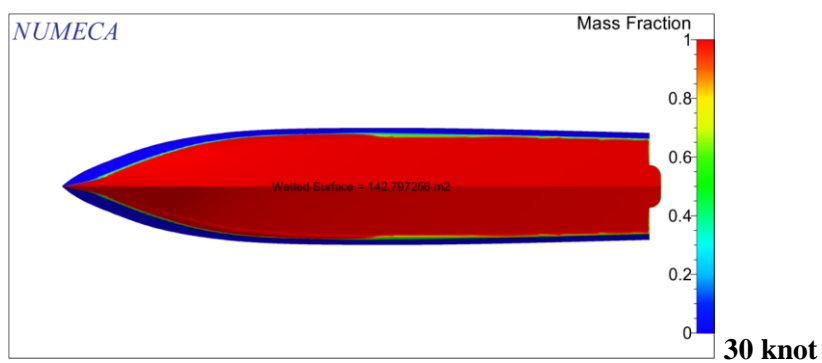
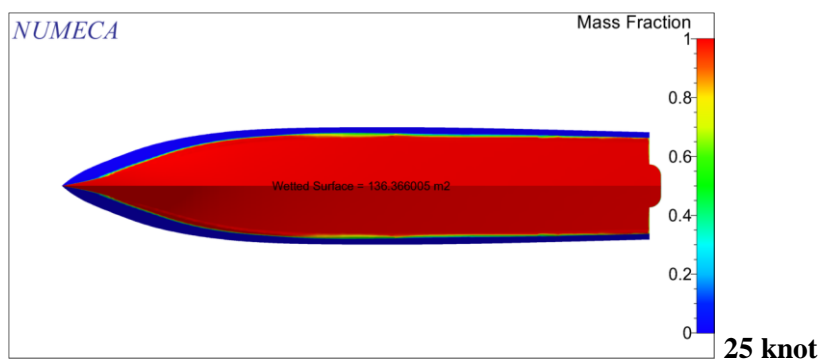
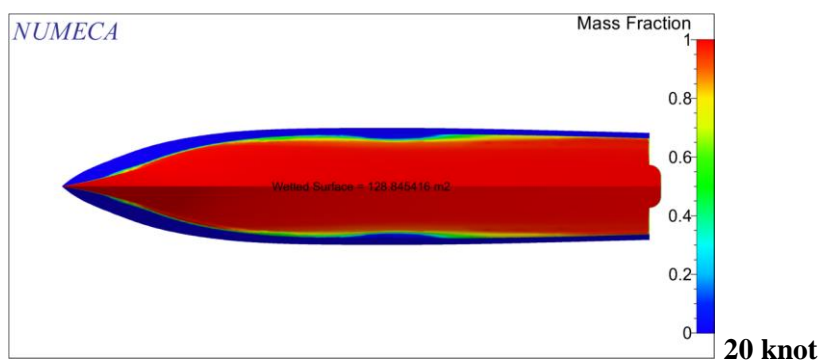
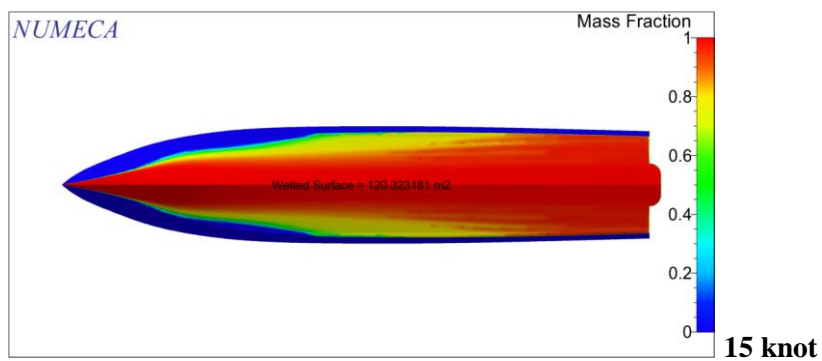
Stern Flap Model 3 – Wet Surface Area

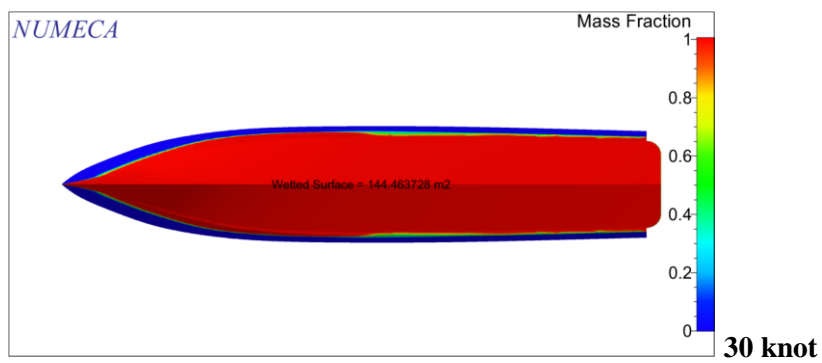
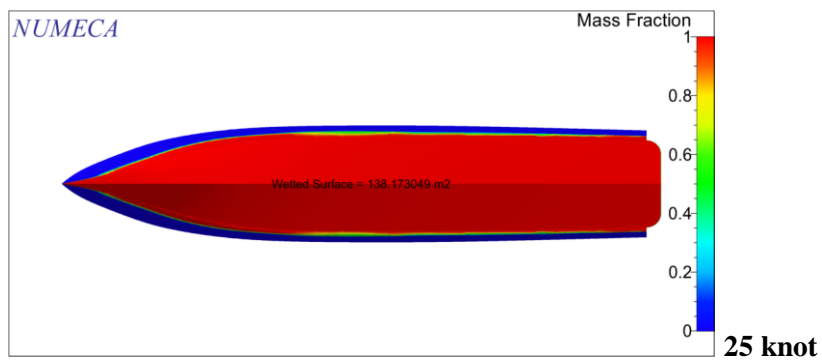
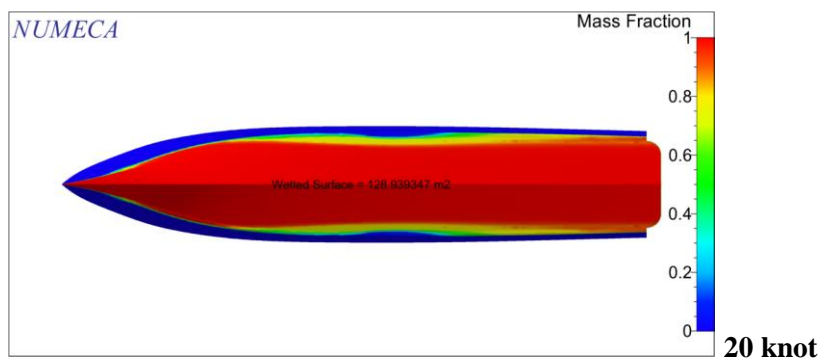
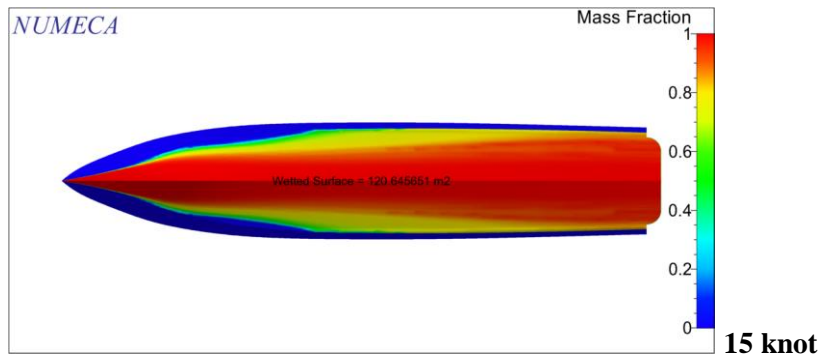
Stern Flap Model 4 – Wet Surface Area



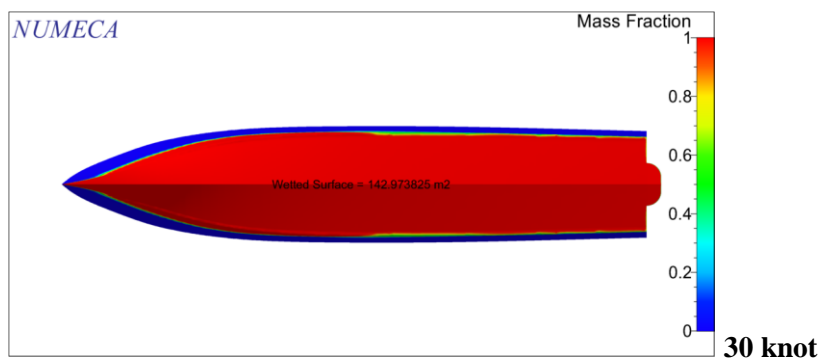
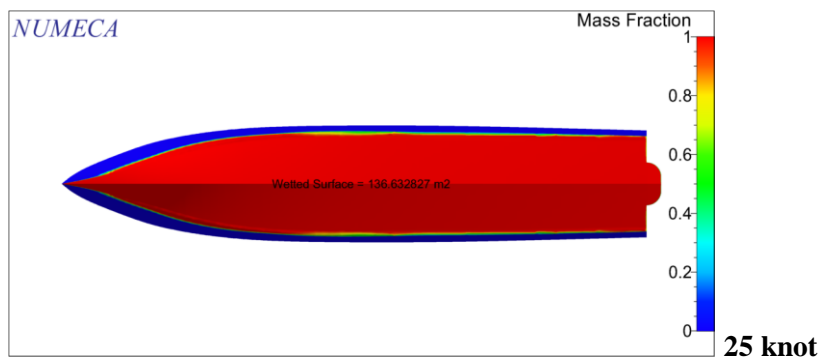
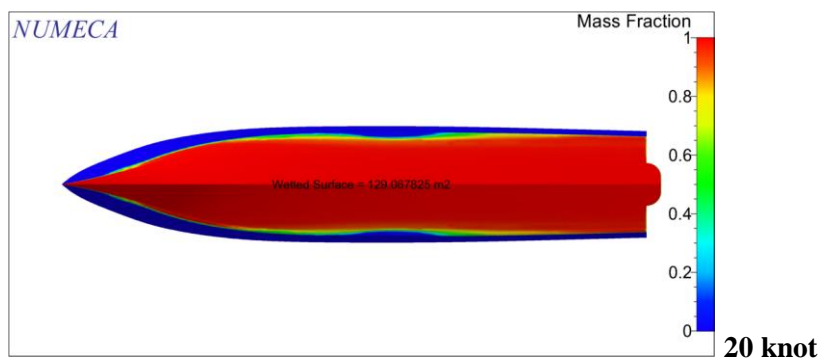
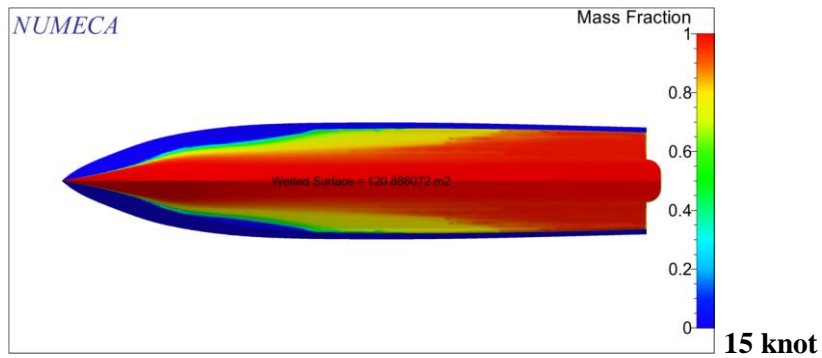
Stern Flap Model 5 – Wet Surface Area

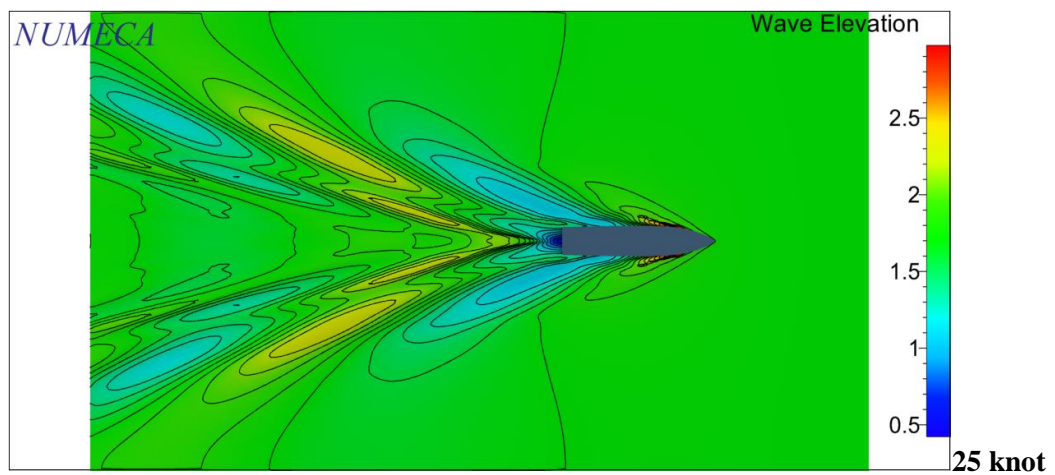
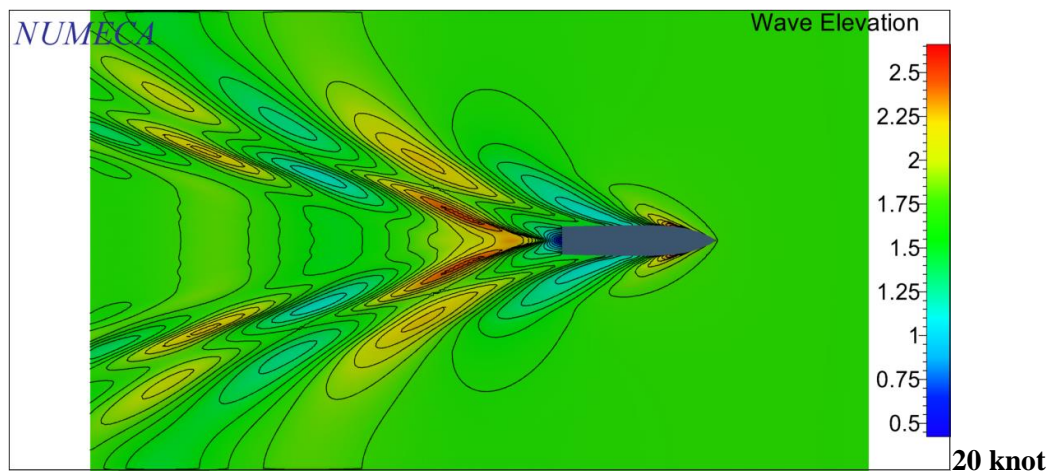
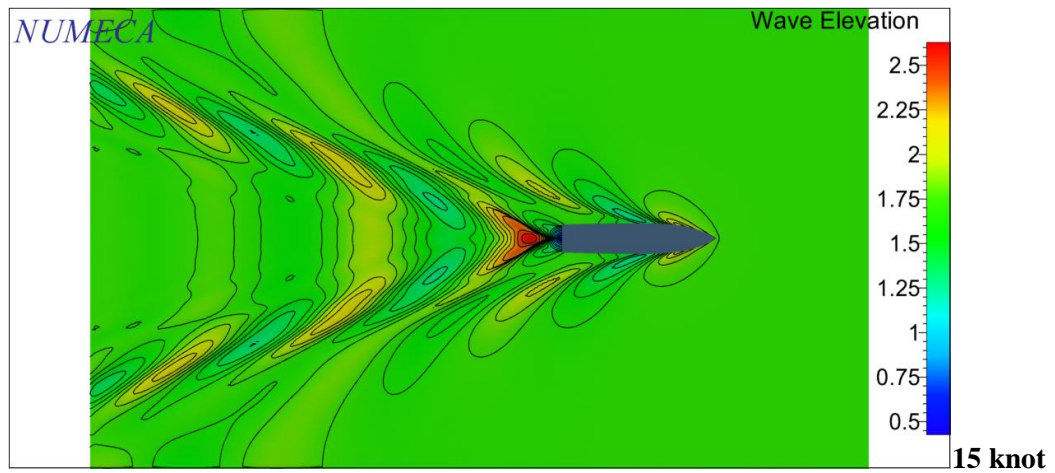
Stern Flap Model 6 – Wet Surface Area

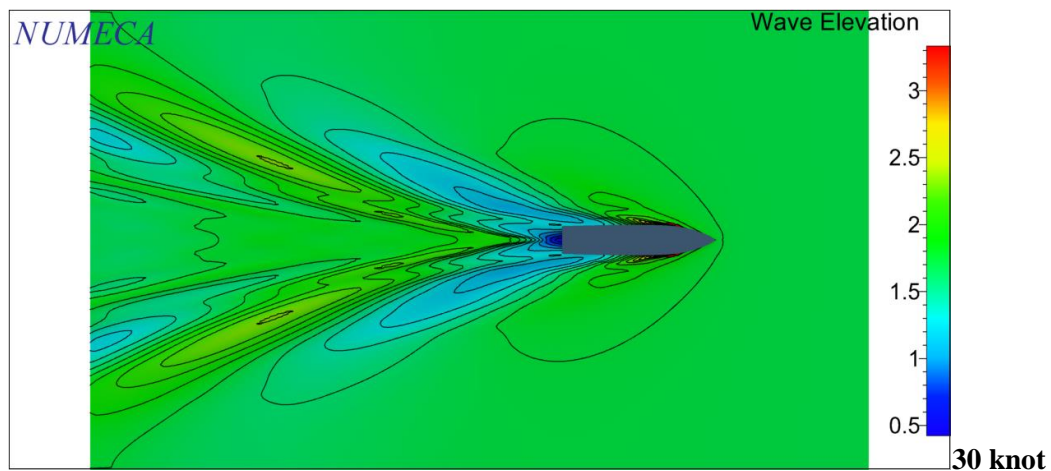


Stern Flap Model 7 – Wet Surface Area

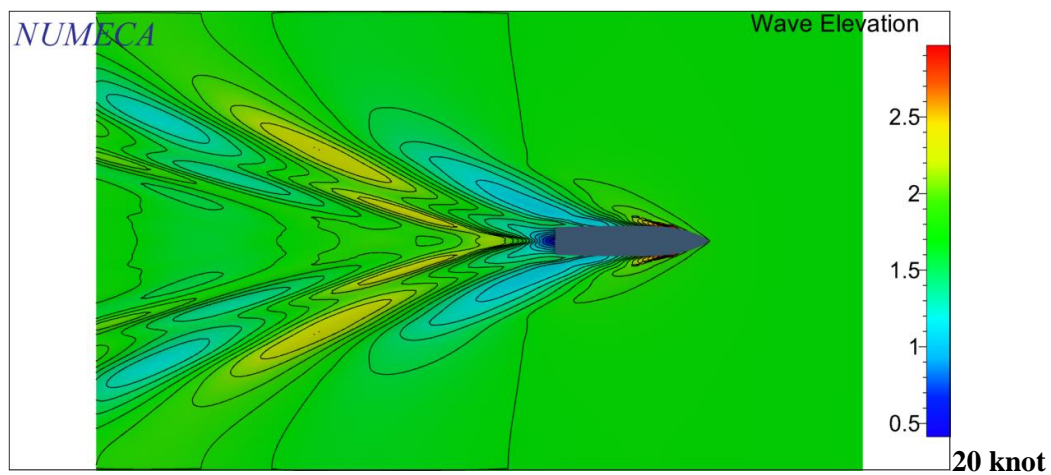
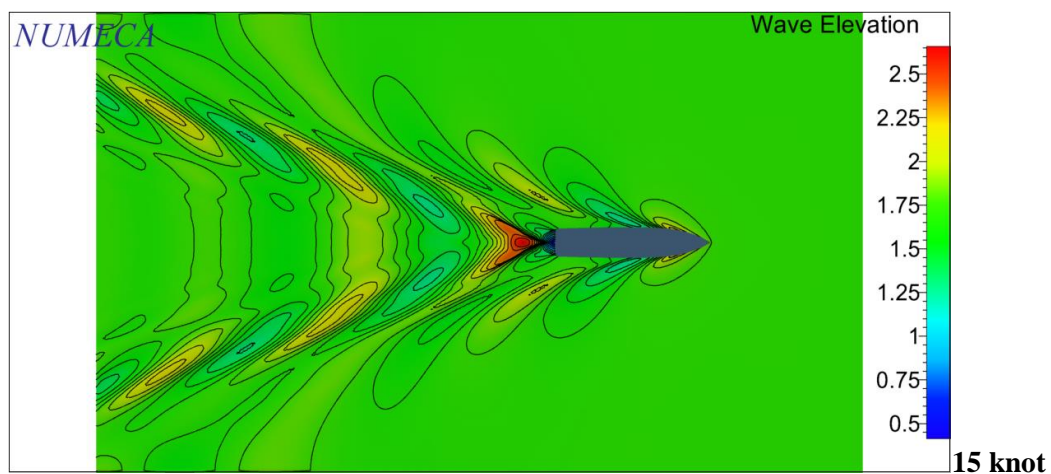
Stern Flap Model 8 – Wet Surface Area

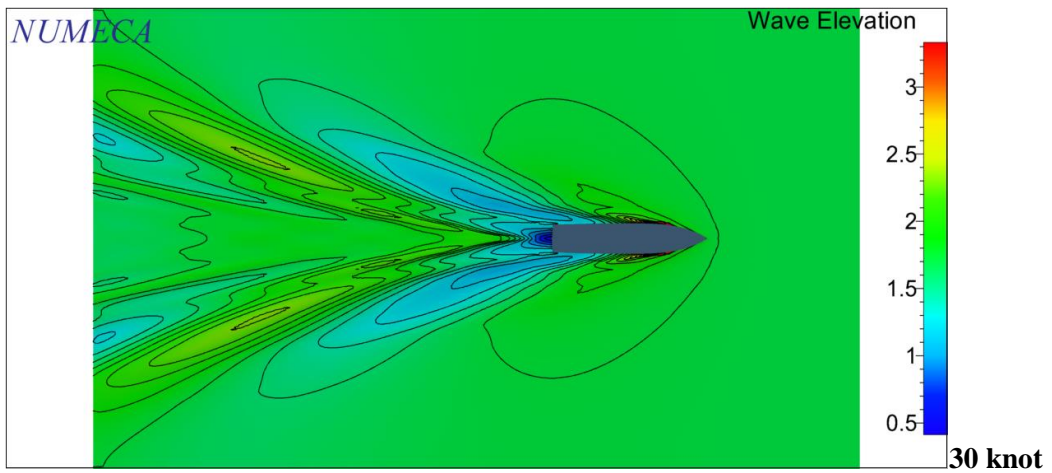
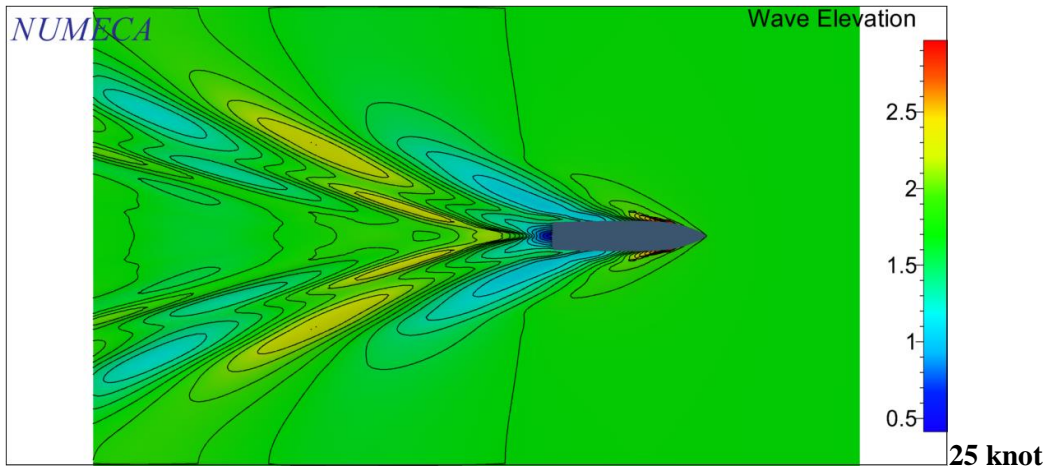


Bare Hull – Wave Elevation

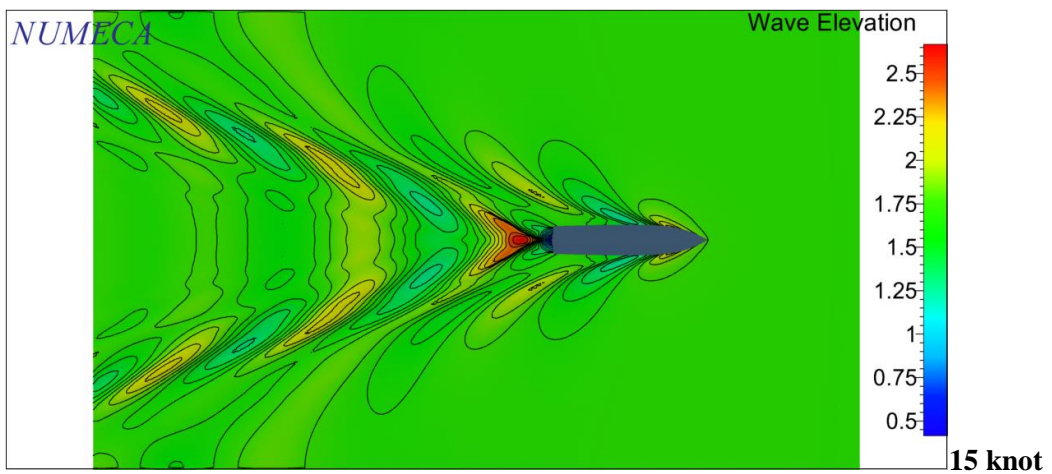


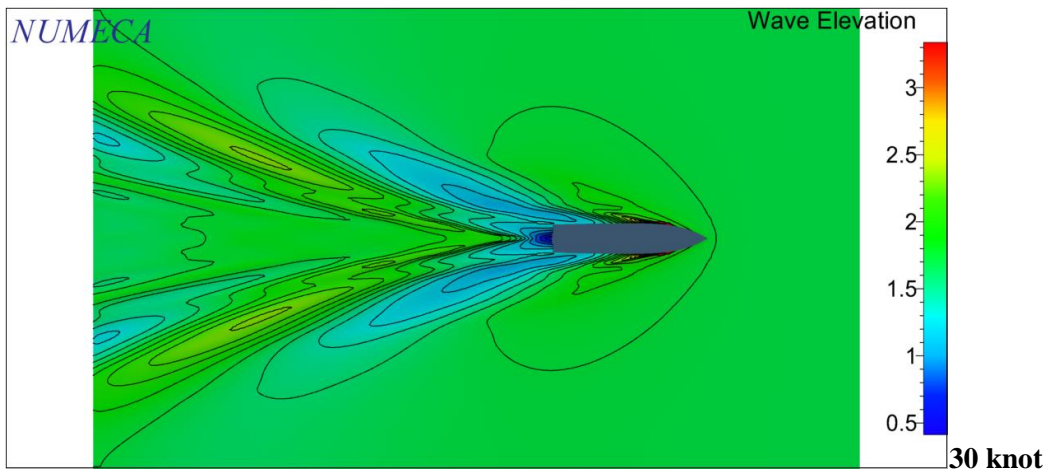
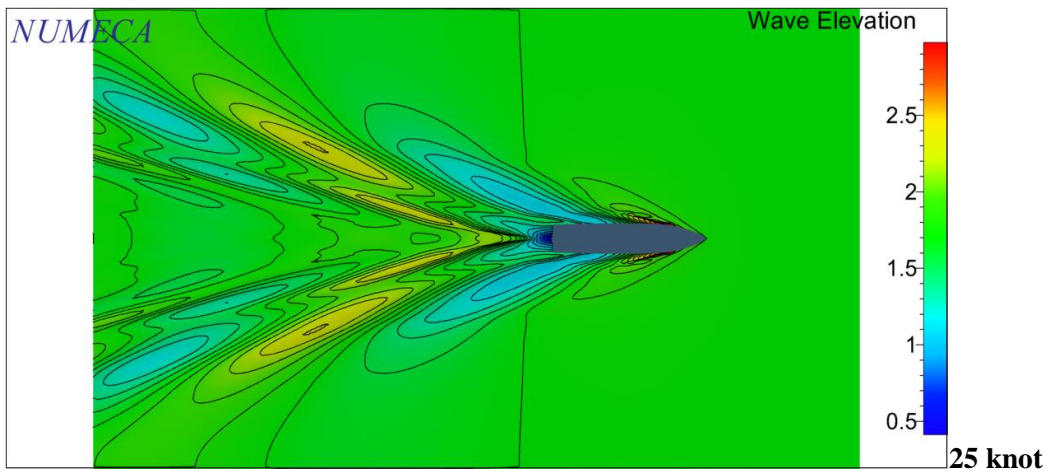
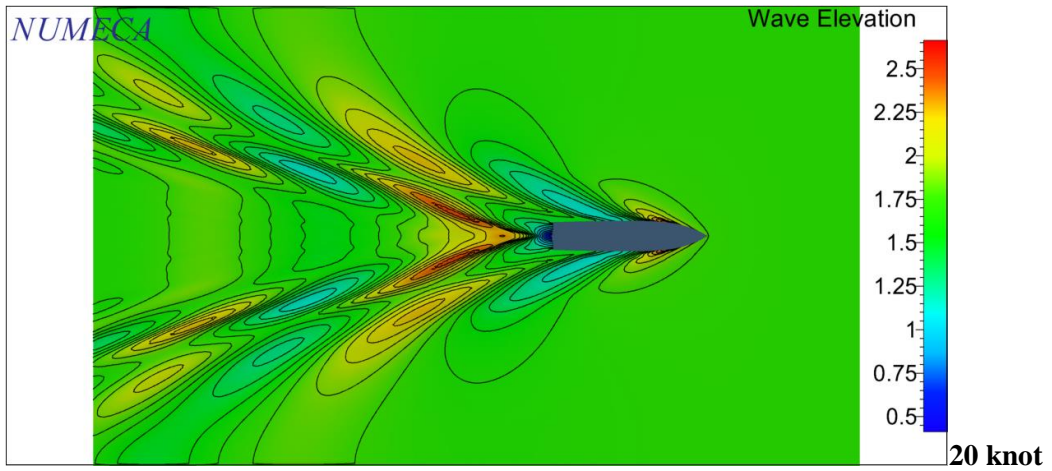
Stern Flap Model 1 – Wave Elevation

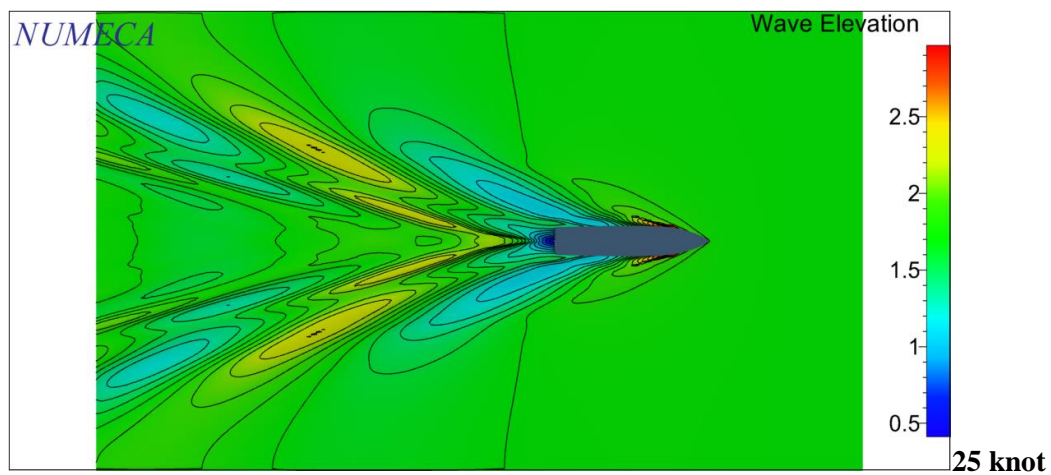
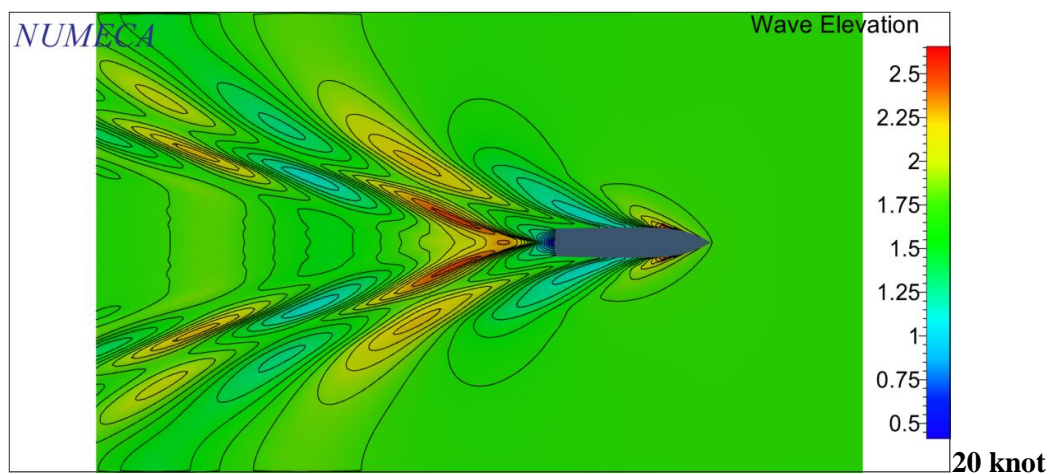
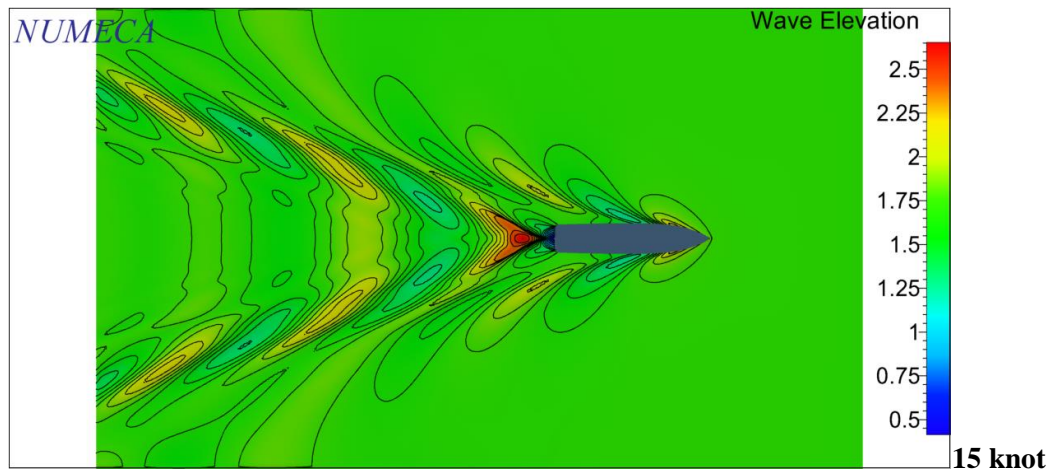


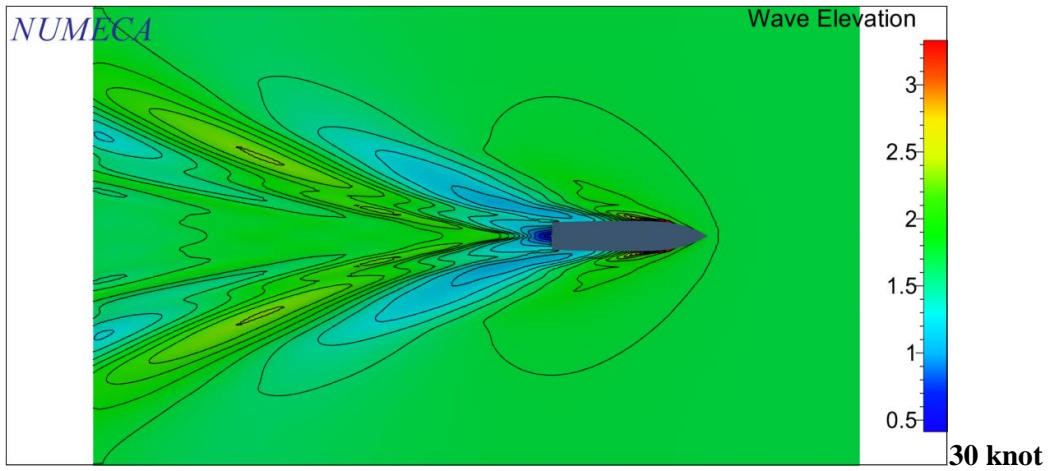


Stern Flap Model 2 – Wave Elevation

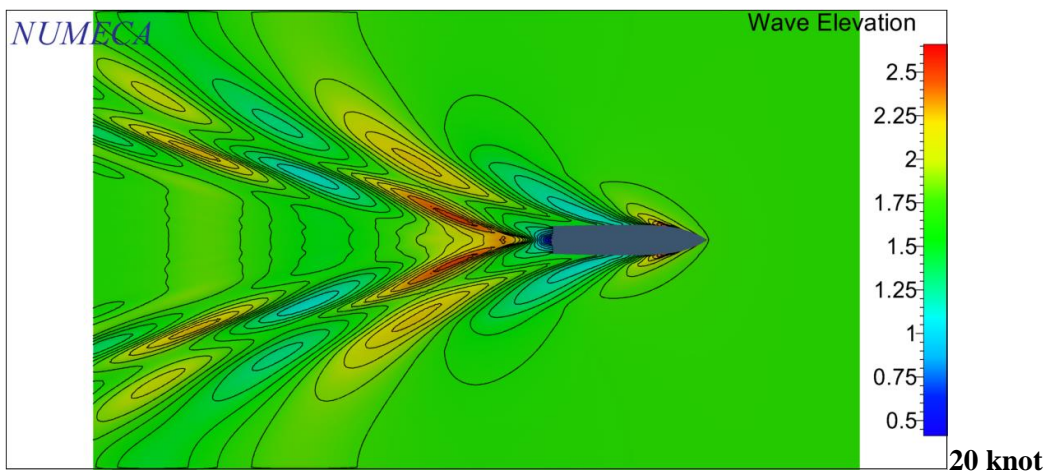
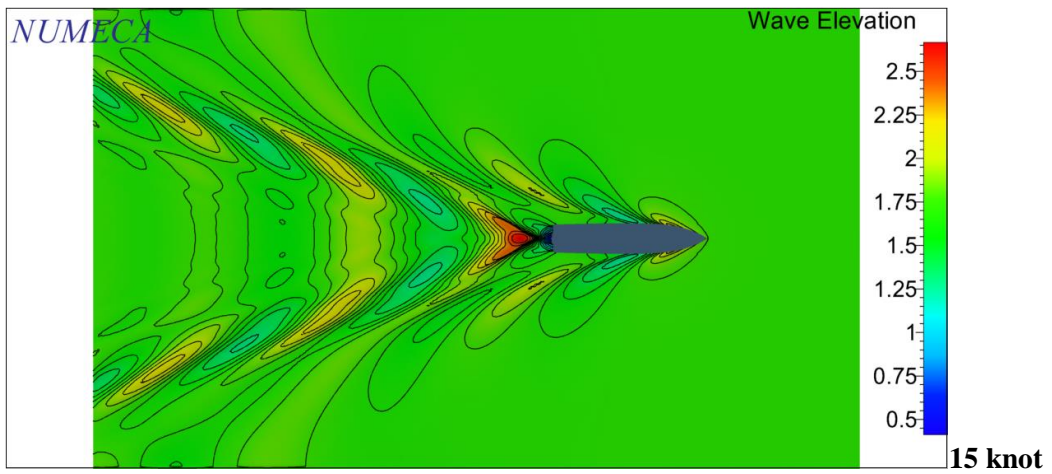


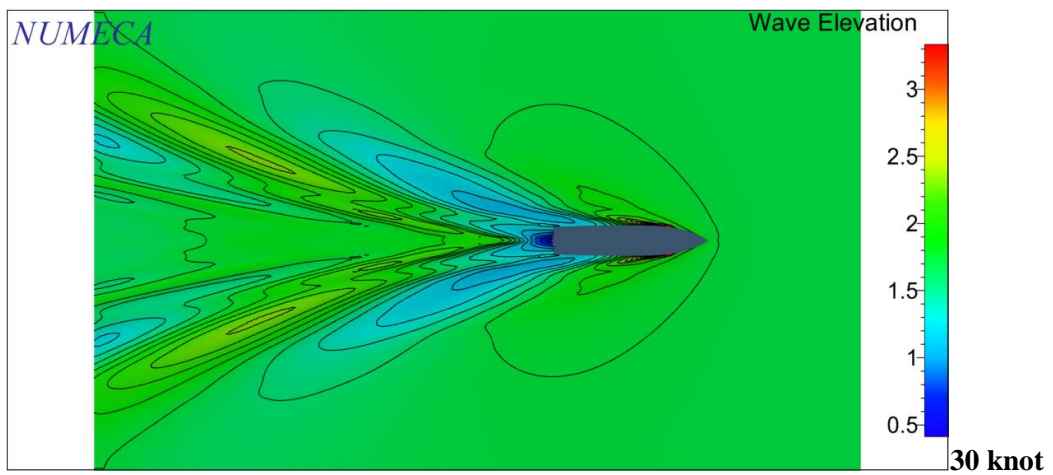
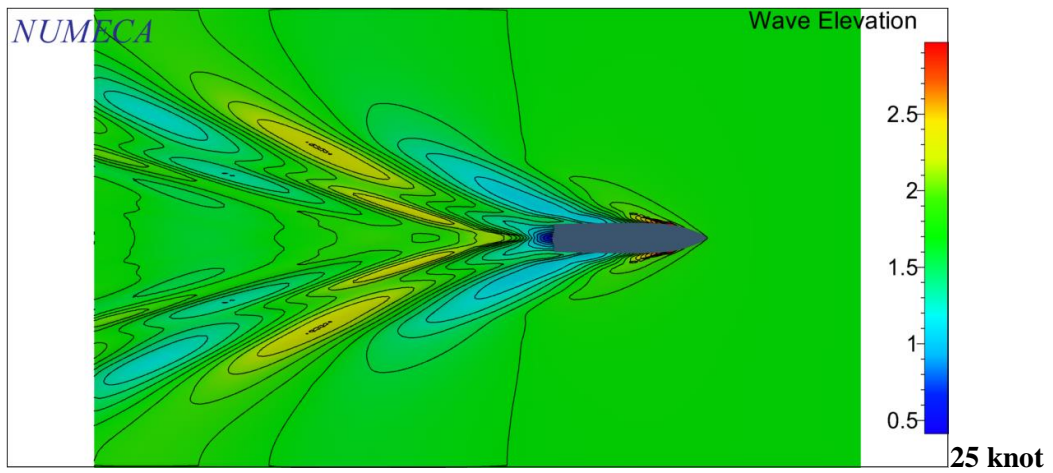


Stern Flap Model 3 – Wave Elevation

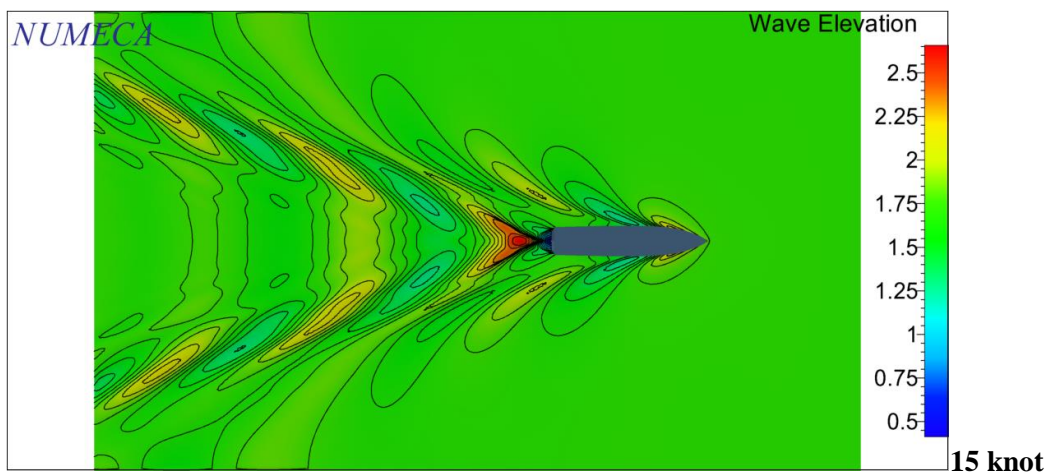


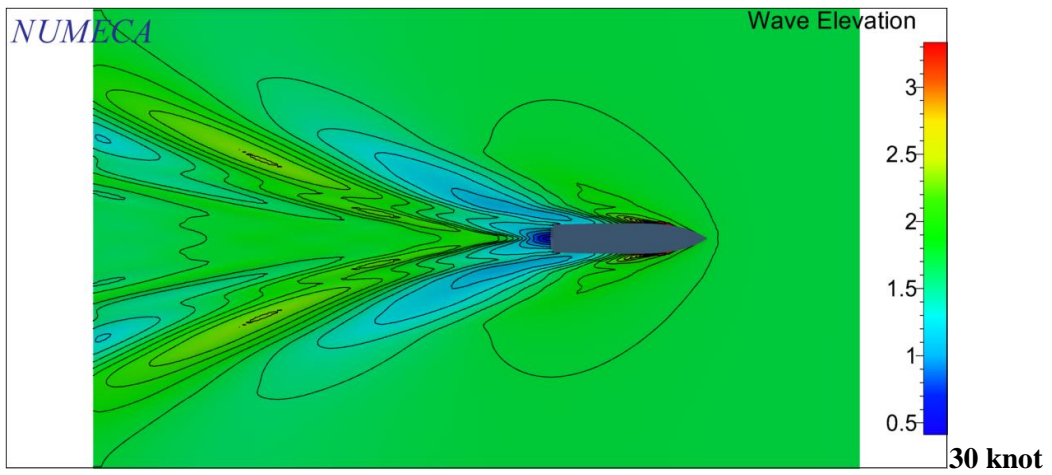
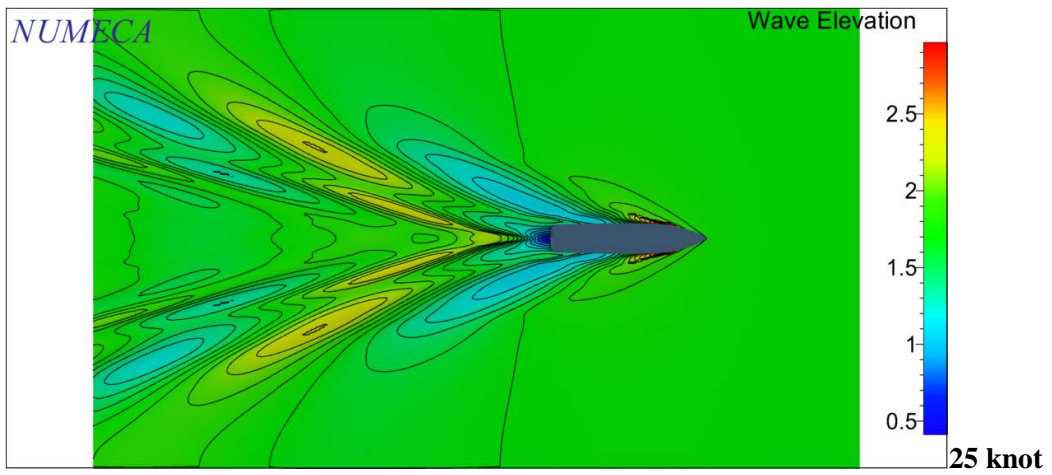
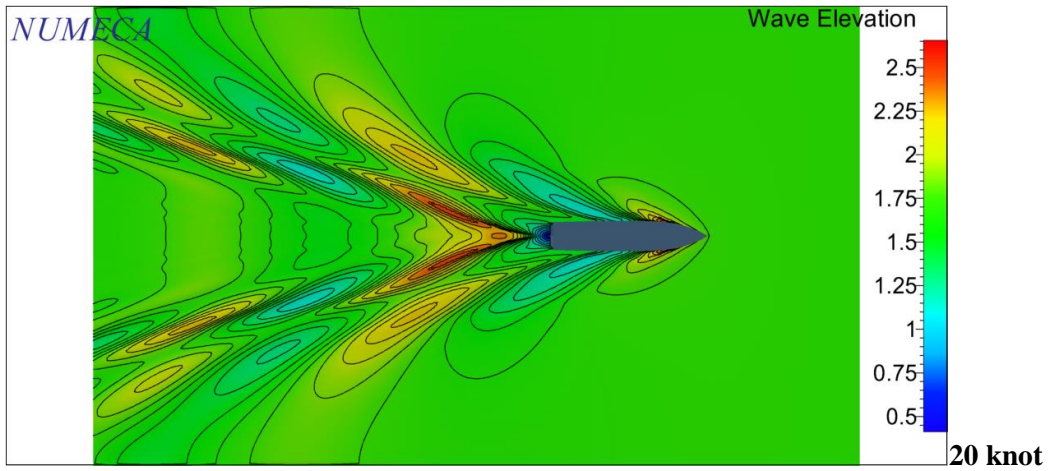
Stern Flap Model 4 – Wave Elevation

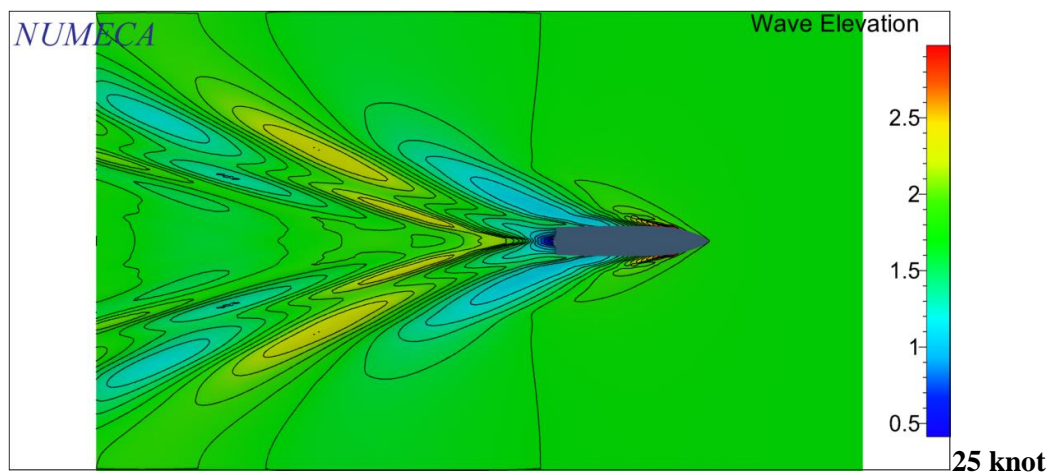
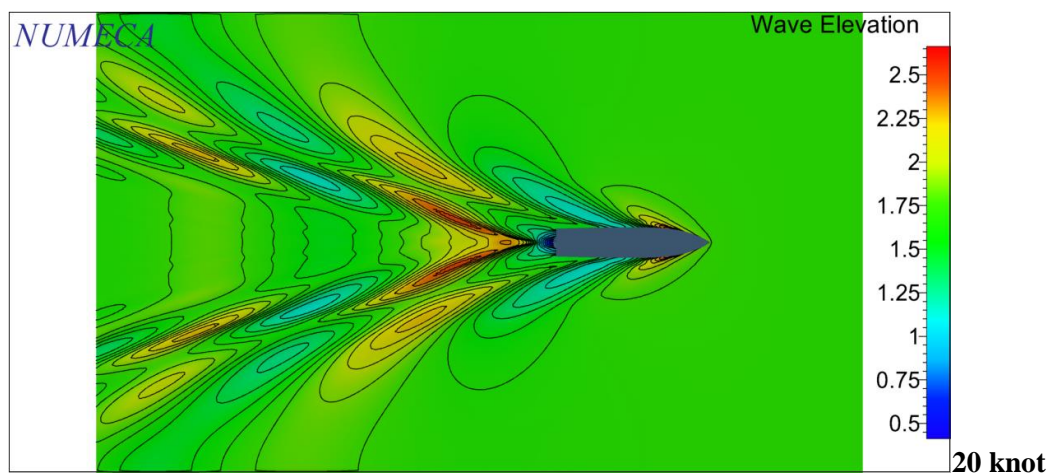
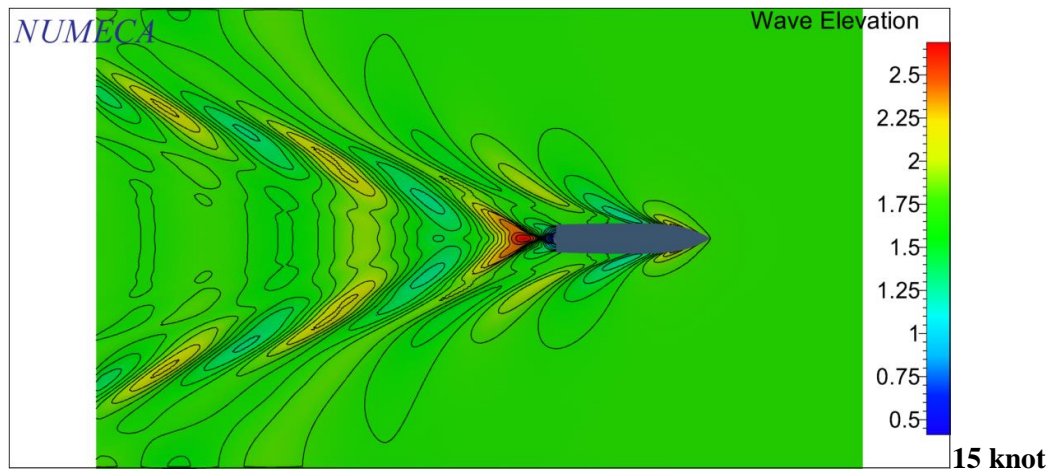


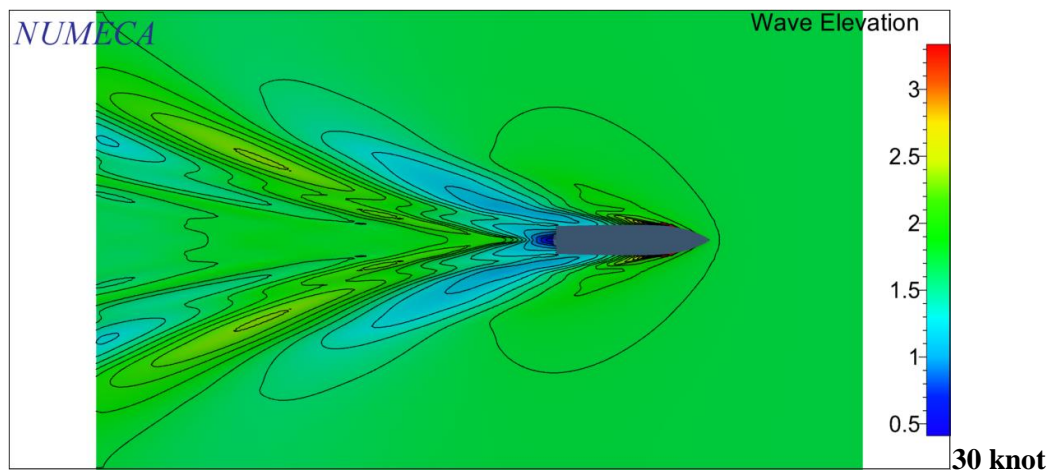


Stern Flap Model 5 – Wave Elevation

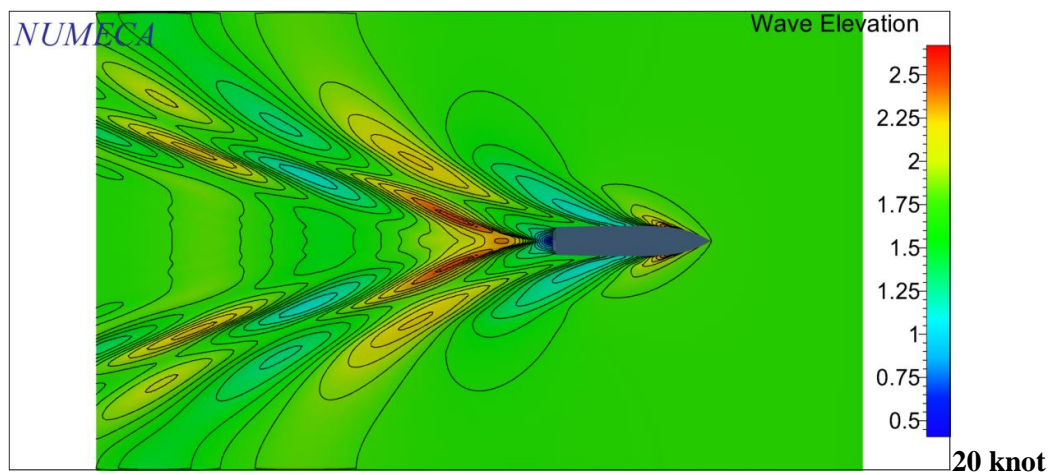
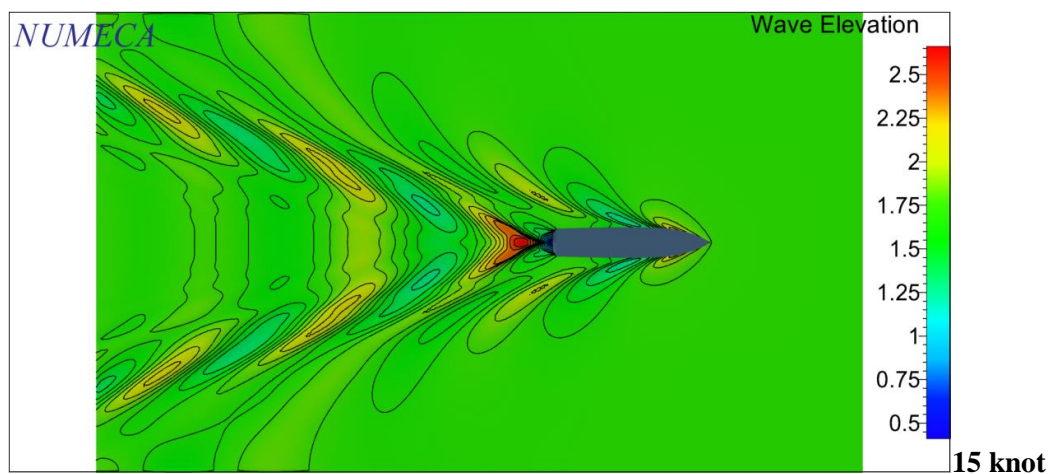


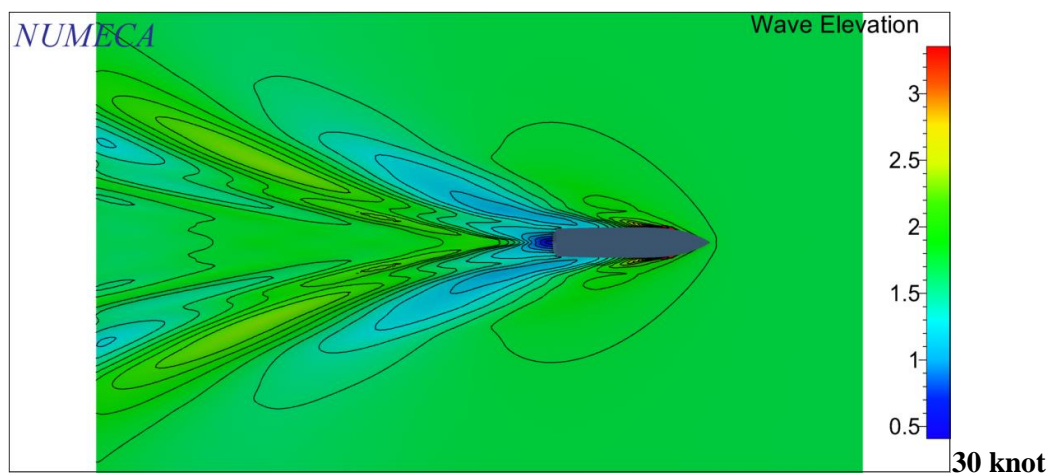
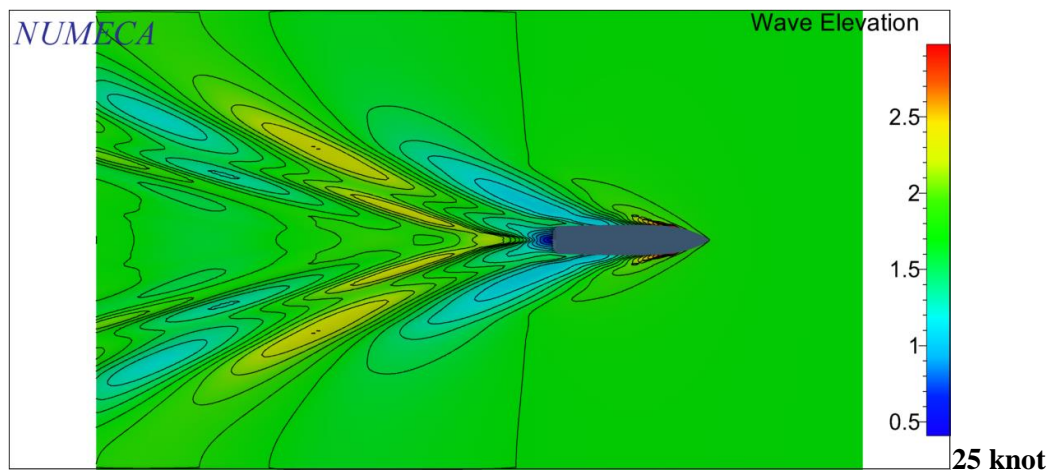


Stern Flap Model 6 – Wave Elevation

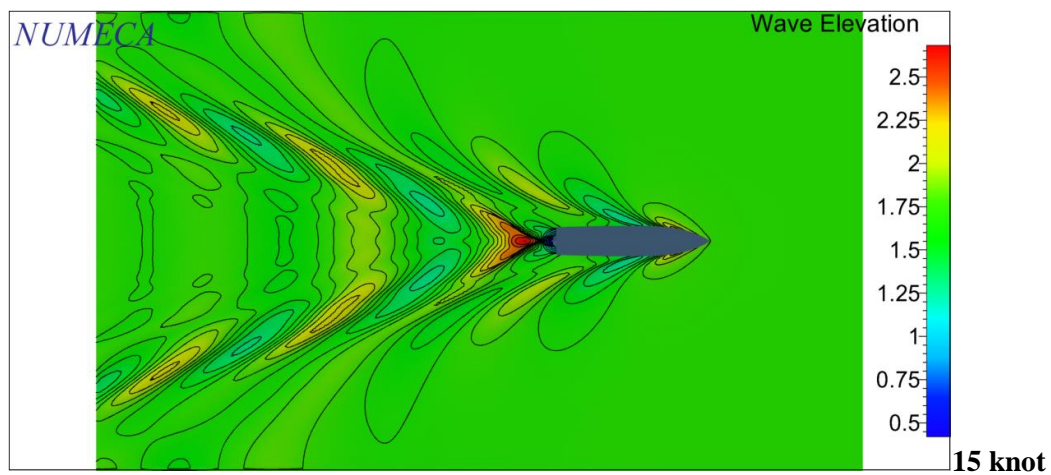


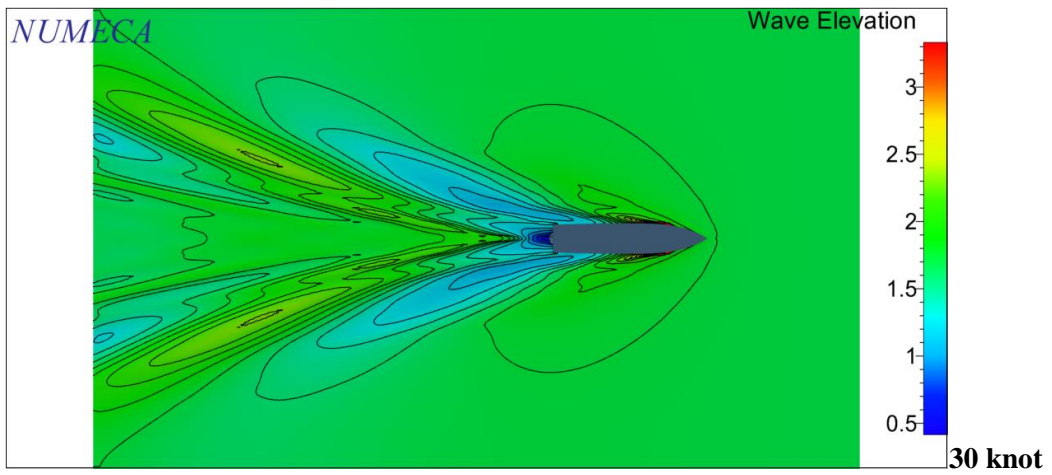
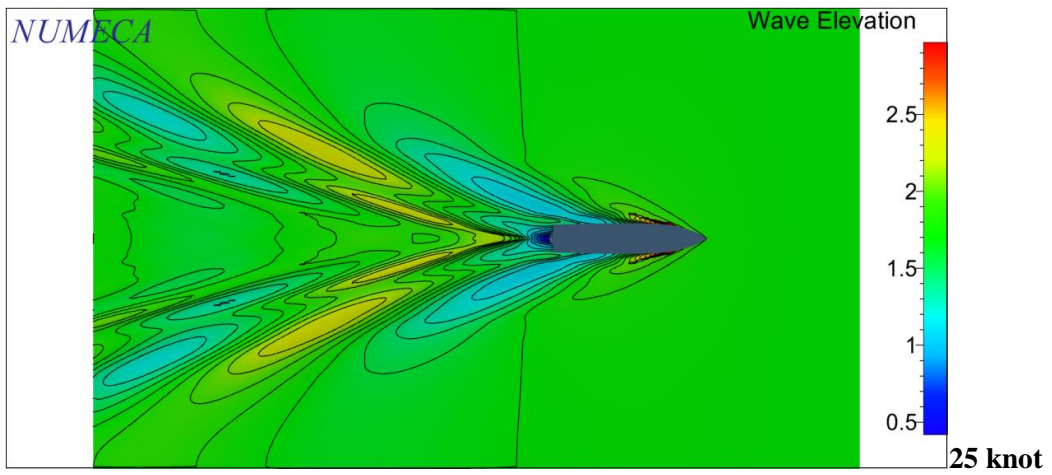
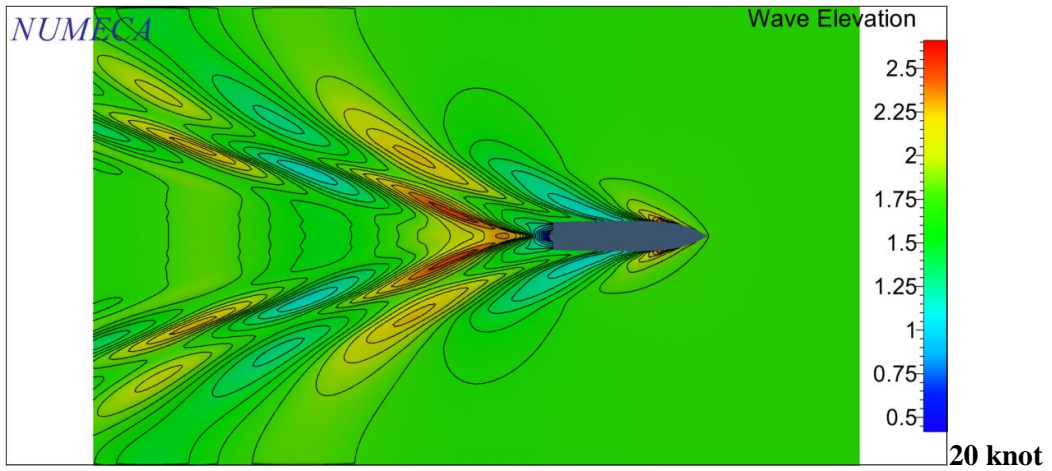
Stern Flap Model 7 – Wave Elevation





Stern Flap Model 8 – Wave Elevation





“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIODATA PENULIS



Penulis lahir di Kota Cirebon pada tanggal 6 September 1995. Merupakan anak kedua dari dua bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di SDN Pengadilan 1 Tasikmalaya, SMPN 2 Tasikmalaya, dan SMAN 2 Tasikmalaya. Penulis kemudian melanjutkan studinya di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya tahun 2013 pada S1 Departemen Teknik Sistem Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan melalui jalur SBMPTN dan terdaftar dengan Nomor Registrasi Peserta didik 4213100072. Selama masa studi di ITS, penulis aktif mengikuti kegiatan di UKM Kendo ITS dengan prestasi mengikuti berbagai turnamen kendo di kancah nasional. Selama aktif mengikuti kegiatan di UKM Kendo ITS, penulis pernah menjabat menjadi Ketua Umum pada periode 2015-2016. Penulis mengambil tugas akhir di bidang Marine Manufacturing Design (MMD).